

Netzwerktechnologien 3 VO

Univ.-Prof. Dr. Helmut Hlavacs
helmut.hlavacs@univie.ac.at

Dr. Ivan Gojmerac
gojmerac@ftw.at

Bachelorstudium Medieninformatik
SS 2012

Kapitel 6 - Drahtlose und mobile Netze

6.1 Einführung

6.2 Eigenschaften drahtloser Links

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN, Wi-Fi)

6.4 Zellulare Mobilfunknetze

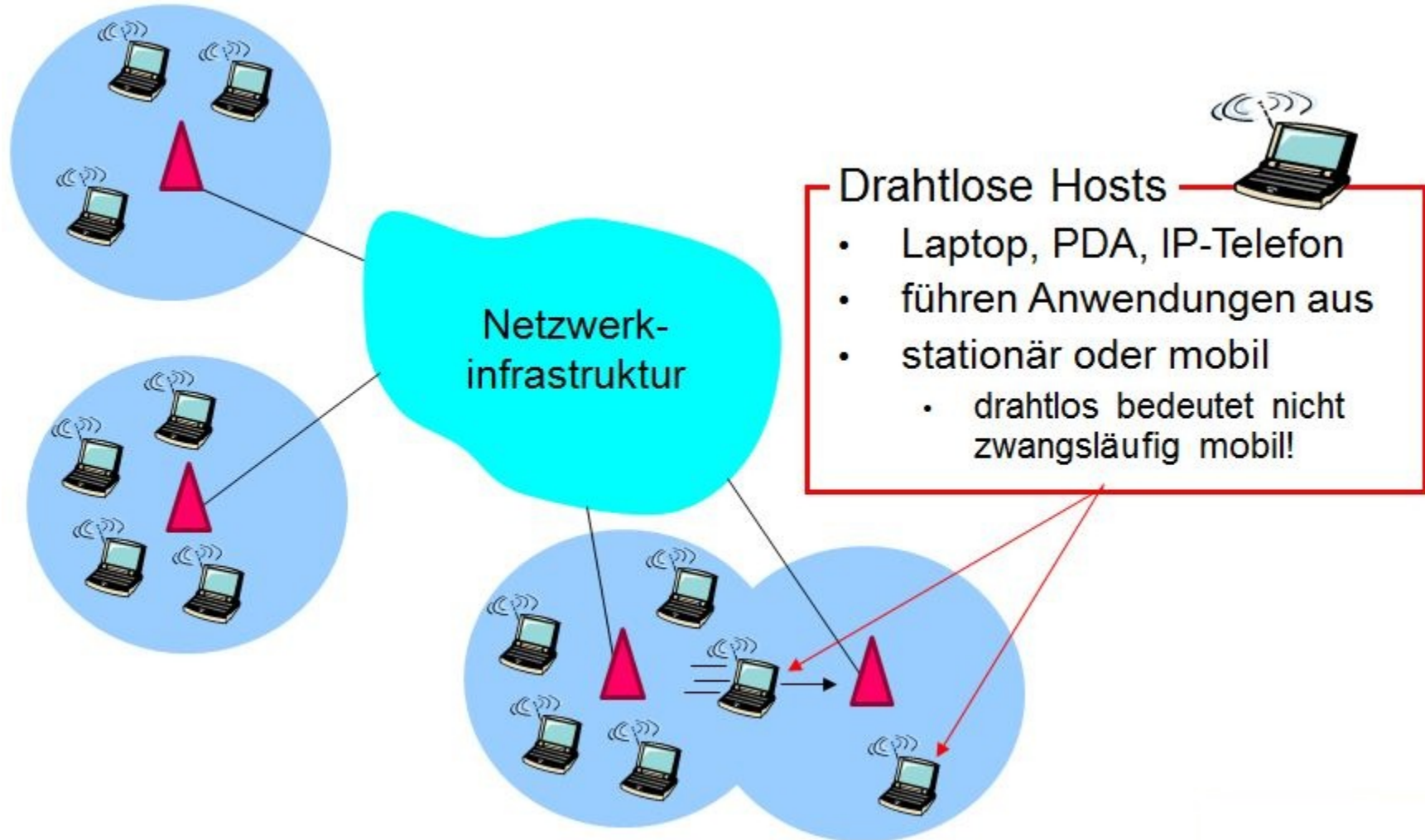
6.5 Prinzipien: Adressierung von mobilen Benutzern, Routing zu mobilen Benutzern

6.6 Mobile IP

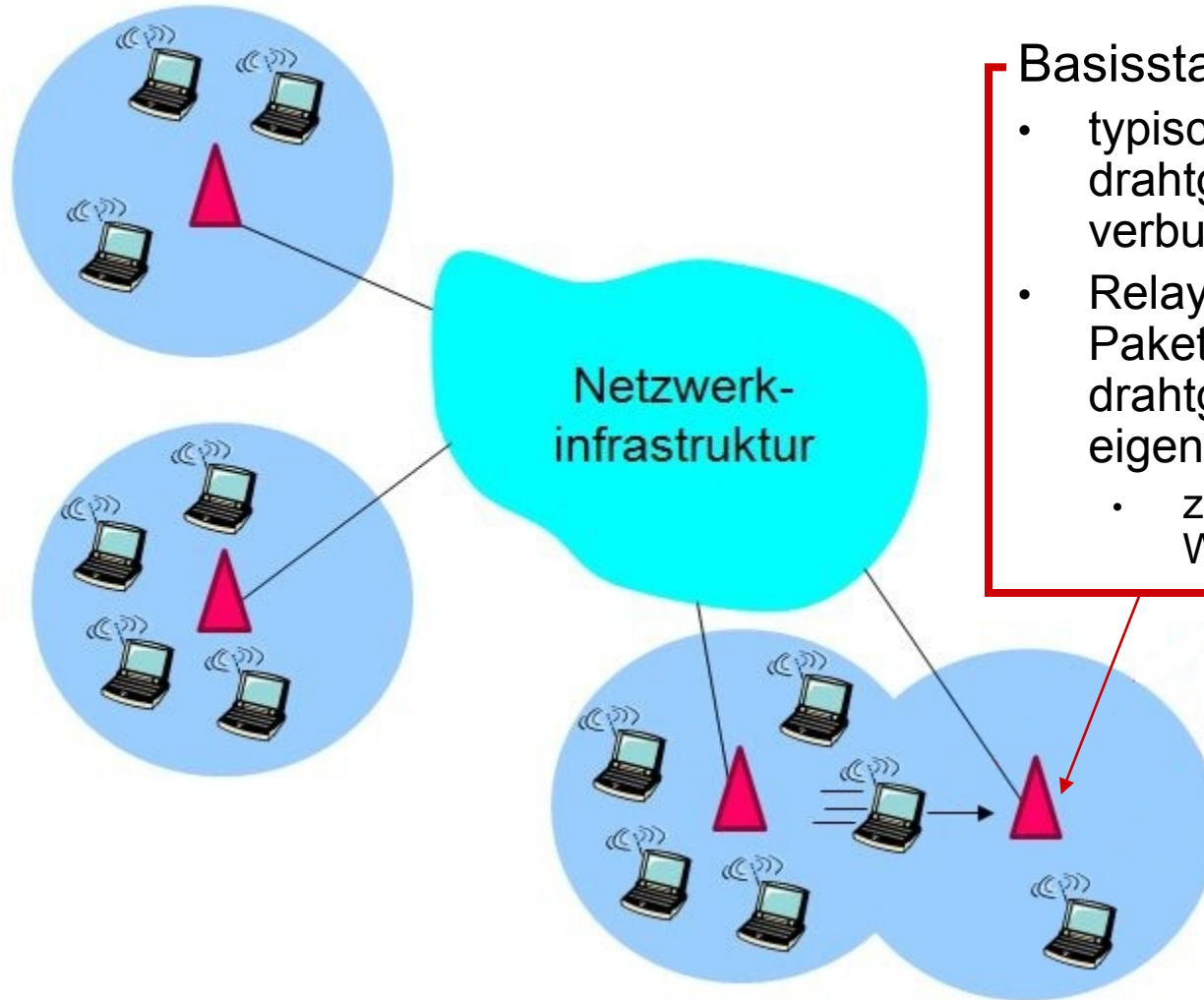
6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks



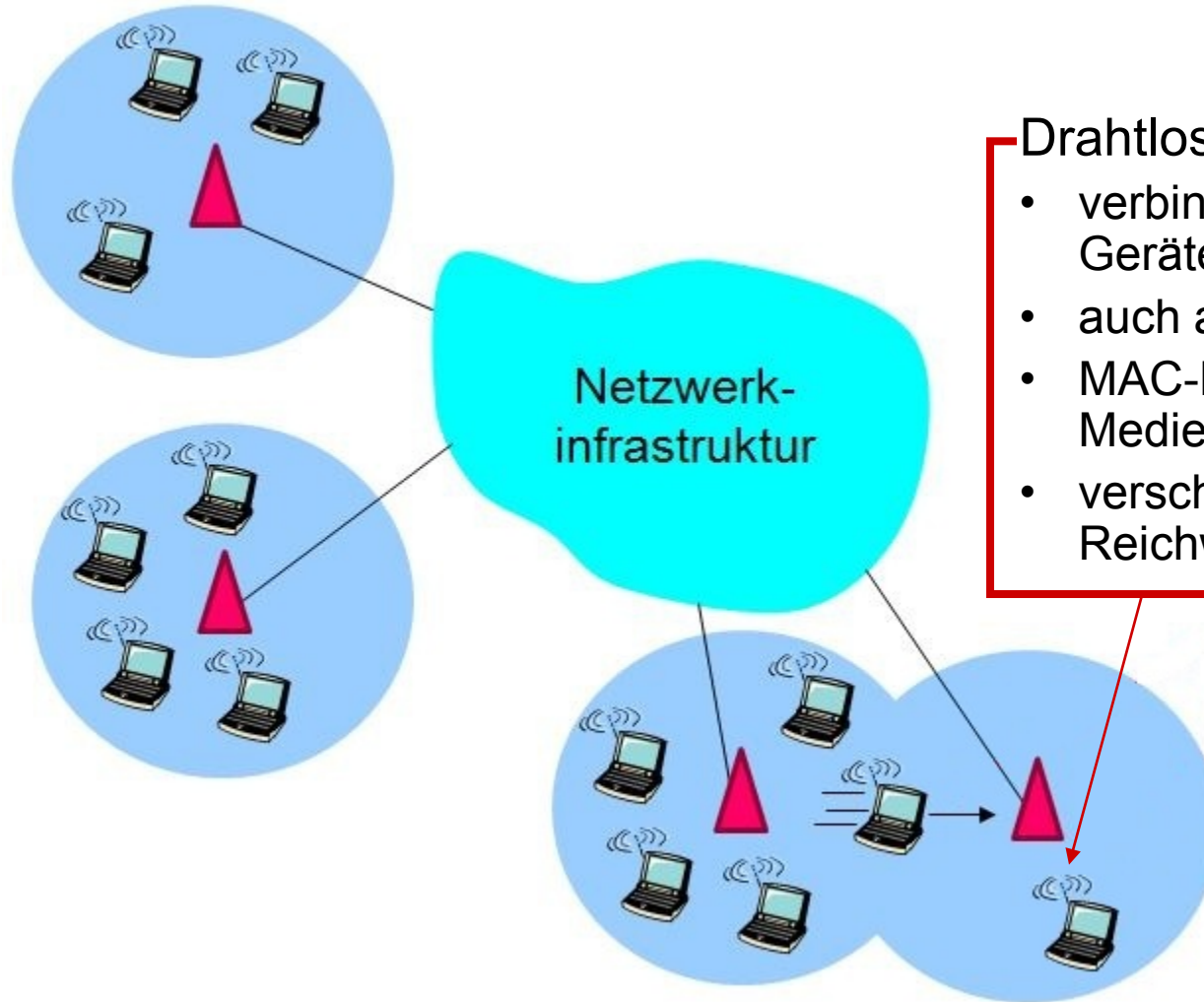
6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks



Basisstation

- typischerweise mit einem drahtgebundenen Netz verbunden
- Relay Funktion – vermittelt Pakete zwischen drahtlosen und drahtgebundenen Hosts im eigenen "Zuständigkeitsbereich"
 - z.B. GSM-Basisstationen oder WLAN-Access-Points

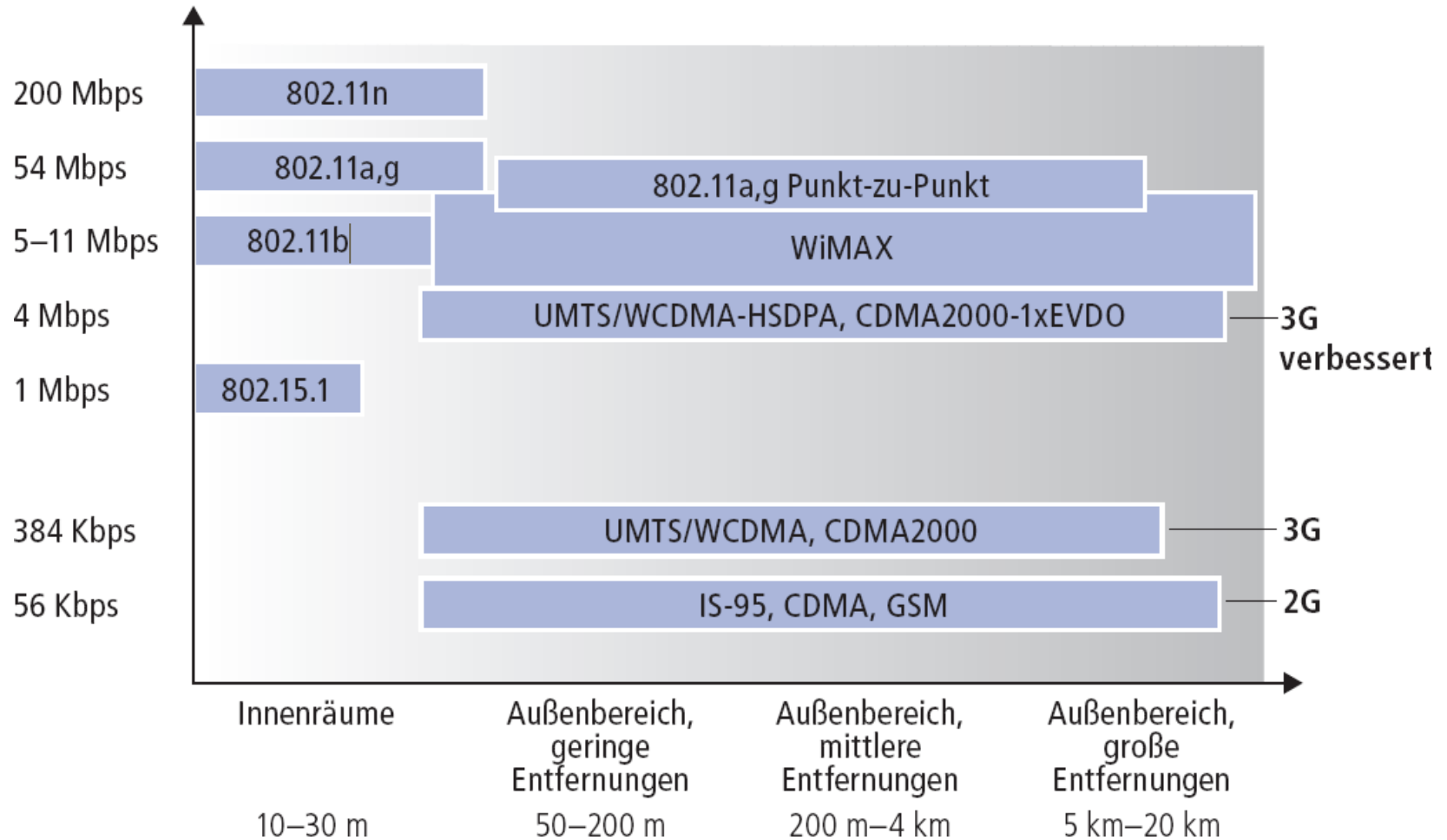
6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks



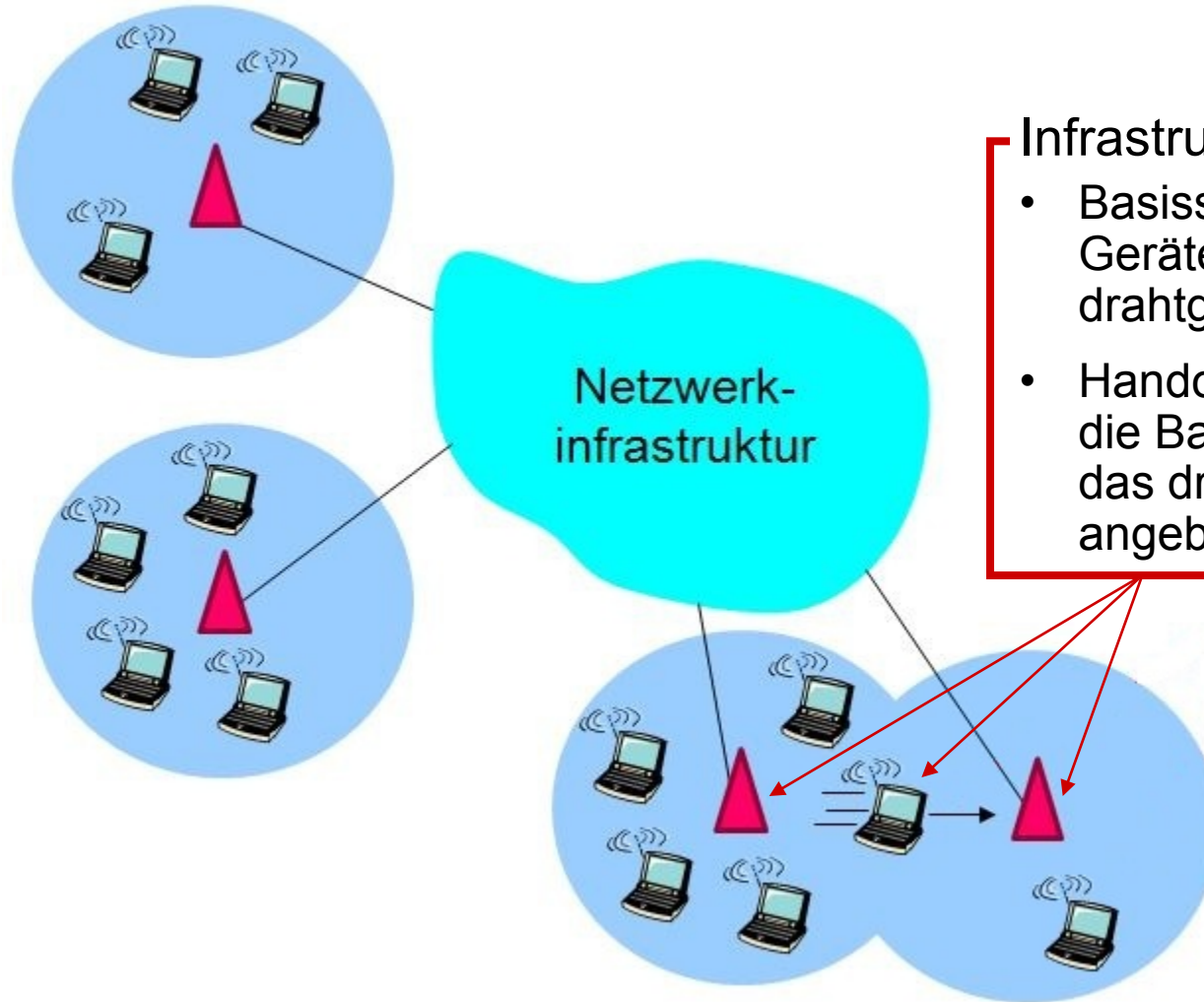
Drahtlose Links

- verbinden üblicherweise mobile Geräte mit einer Basisstation
- auch als Backbone-Link
- MAC-Protokoll koordiniert den Medienzugriff
- verschiedene Datenraten und Reichweiten

6.1 Charakteristika ausgewählter drahtloser Kommunikationstechnologien



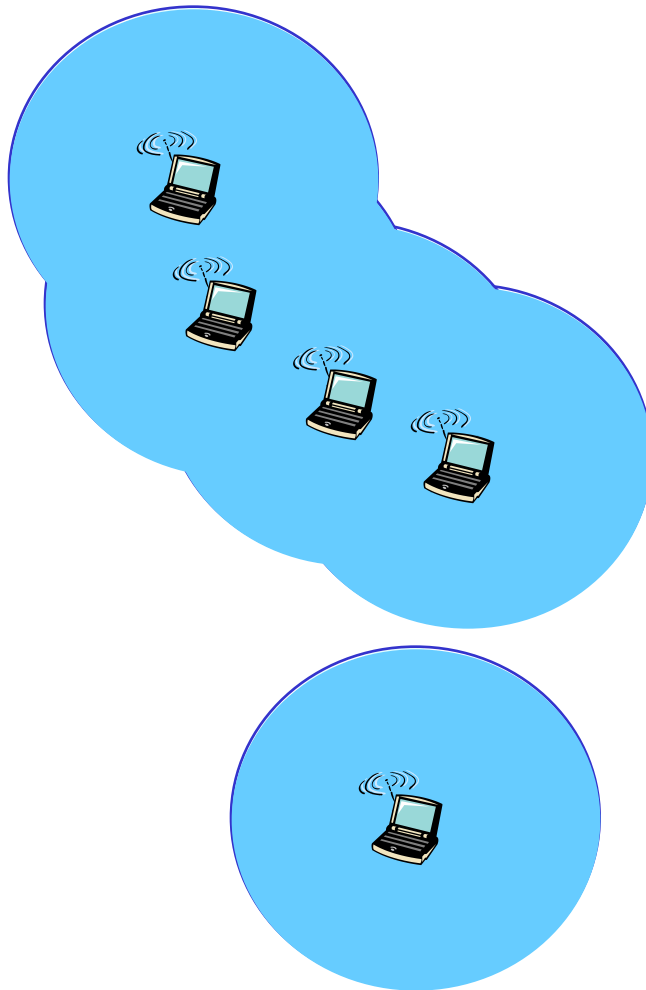
6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks



Infrastrukturmodus

- Basisstation verbindet drahtlose Geräte mit dem drahtgebundenen Netz
- Handoff: Mobiles Gerät wechselt die Basisstation, über die es an das drahtgebundene Netz angebunden ist

6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks



Ad-Hoc-Modus

- keine Basisstationen
- Knoten können nur an andere Knoten innerhalb ihrer eigenen Radioreichweite senden
- Die Knoten organisieren sich selbst zu einem Netzwerk und routen untereinander

Kapitel 6 - Drahtlose und mobile Netze

6.1 Einführung

6.2 Eigenschaften drahtloser Links

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN, Wi-Fi)

6.4 Zellulare Mobilfunknetze

6.5 Prinzipien: Adressierung von mobilen Benutzern, Routing zu mobilen Benutzern

6.6 Mobile IP

6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

6.2 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks

	Single-Hop	Multihop
Infrastruktur (z.B. APs)	Hosts verbinden sich mit Basisstation(en) (WLAN, Mobilfunk, usw.), die sie an den Backbone anbinden	Hosts müssen gegebenenfalls über mehrere Zwischenstationen kommunizieren, um das Internet zu erreichen (Mesh-Netzwerke)
infrastrukturlos	Keine Basisstationen, keine Anbindung an das Internet (Bluetooth, Ad Hoc Netze)	keine Basisstationen, keine Internetanbindung; Routing über Relays kann je nach Ziel nötig sein

6.2 Charakteristika drahtloser Links

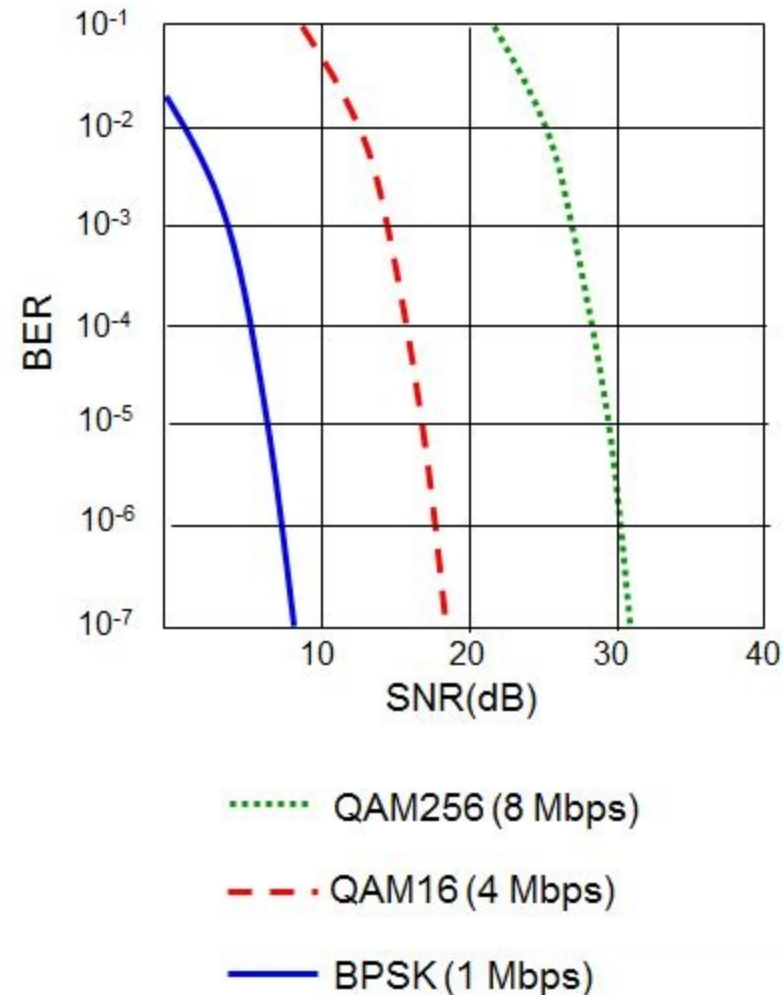
Unterschiede zu drahtgebundenen Links...

- **Verringerung der Signalstärke:** Funksignal schwächt sich stark ab, während es sich fortpflanzt (“Path Loss”)
- **Interferenz von anderen Quellen:** Mehrere Geräte(klassen) teilen sich die standardisierten Frequenzbänder (z.B. 2.4 GHz); andere Geräte (z.B. Motoren, Mikrowellenherde, usw.) können ebenfalls Störquellen sein
- **Mehrwegeausbreitung:** Funksignale werden am Boden oder an Hindernissen reflektiert und treffen mit leichtem Zeitversatz beim Empfänger ein

...machen die Kommunikation über drahtlose Links schwieriger.

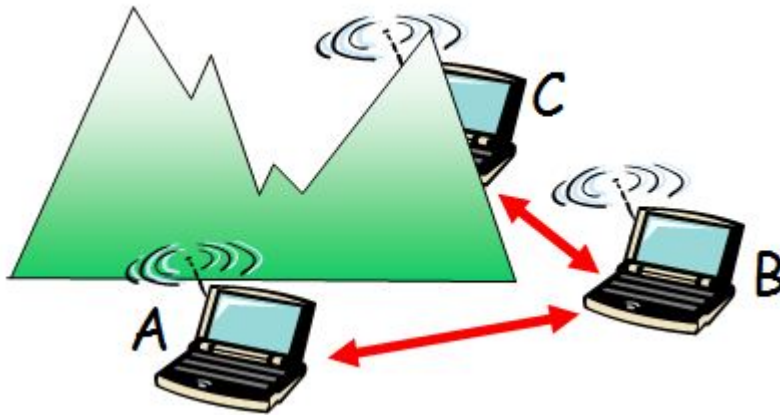
6.2 Charakteristika drahtloser Links

- SNR: Signal-Rausch-Abstand
 - großer SNR – leichtere Trennung von Signal und Rauschen (also “gut”)
- **Tradeoff SNR vs. BER (Bit Error Rate):**
 - *bei gegebenem Modulationsverfahren (drei Kurven im Bild!)*: höhere Sendeleistung → höherer SNR → niedrigere BER
 - *bei gegebenem SNR*: wähle das Modulationsverfahren, das die Anforderungen an die BER bei höchstmöglicher Datenrate erfüllt
→ SNR kann sich aufgrund von Mobilität ändern: dynamische Anpassung der Bitübertragungsschicht (Modulationsverfahren, Rate)



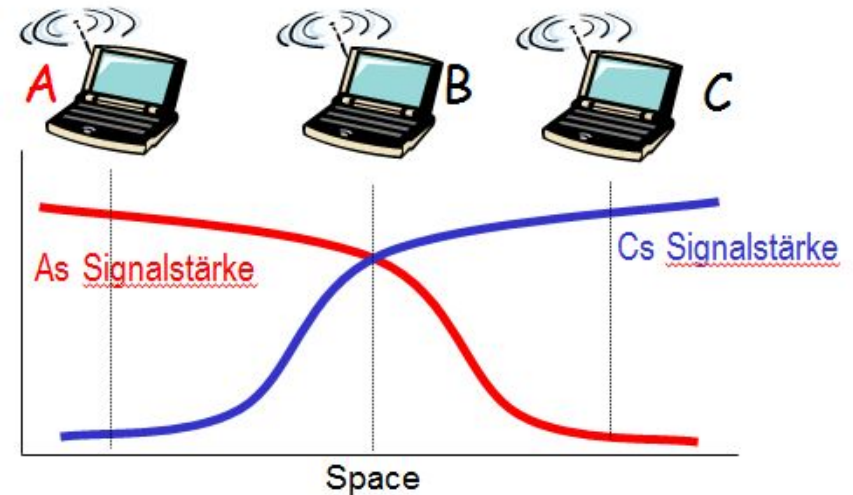
6.2 Charakteristika drahtloser Links

Anwesenheit mehrerer drahtloser Sender und Empfänger schafft zusätzliche Probleme (über das Mehrfachzugriffsproblem hinaus):



Hidden-Terminal-Problem:

- B und A hören einander
 - B und C hören einander
 - A und C hören sich nicht
- ...also wissen A und C nicht, dass ihre Übertragungen bei B interferieren!



Signalabschwächung:

- B und A hören einander
- B und C hören einander
- A und C hören nicht, dass ihre Übertragungen bei B interferieren

Kapitel 6 - Drahtlose und mobile Netze

6.1 Einführung

6.2 Eigenschaften drahtloser Links

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN, Wi-Fi)

6.4 Zellulare Mobilfunknetze

6.5 Prinzipien: Adressierung von mobilen Benutzern, Routing zu mobilen Benutzern

6.6 Mobile IP

6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN

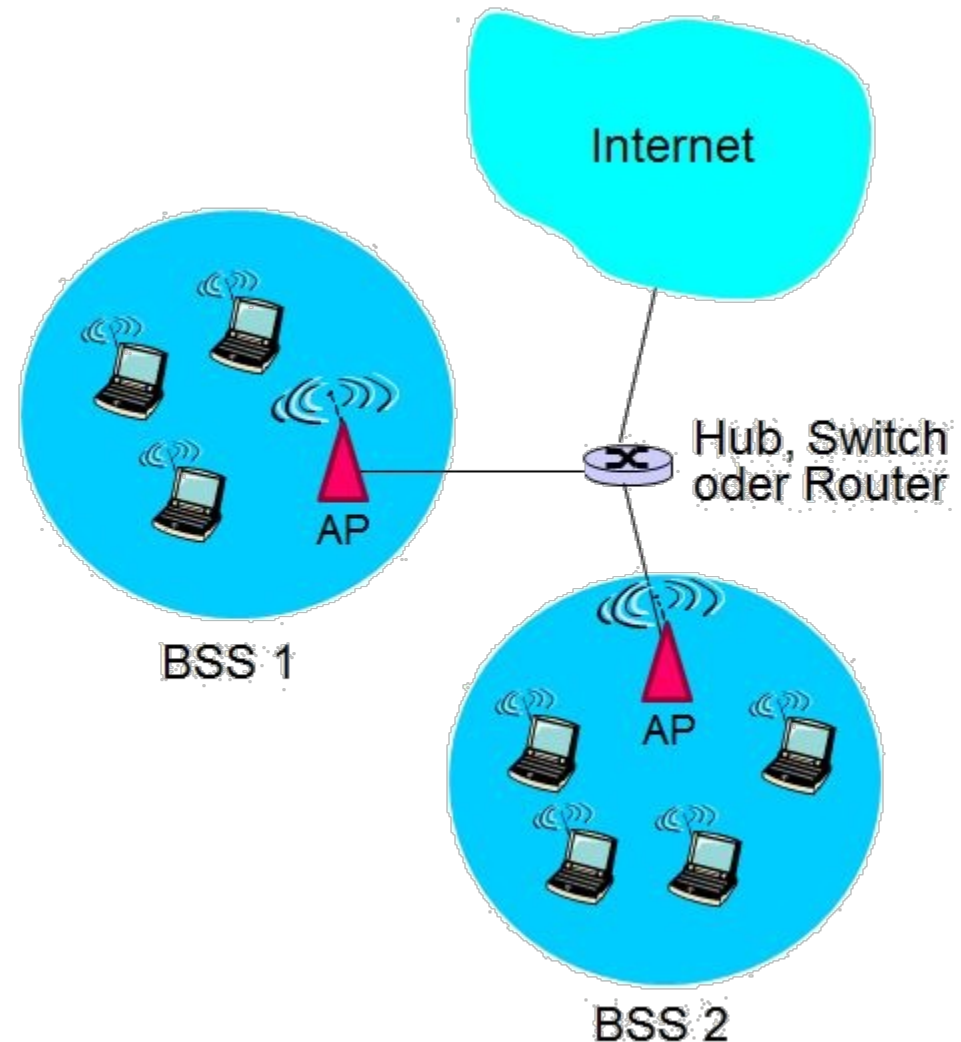
- **802.11b**
 - 2.4 GHz Band – unlizenzirtes Spektrum
 - bis zu 11 Mbps brutto
- **802.11g**
 - 2.4 GHz Band – unlizenzirtes Spektrum
 - bis zu 54 Mbps brutto
- **802.11a**
 - 5.2 GHz Band – unlizenzirtes Spektrum
 - bis zu 54 Mbps brutto
- **802.11n**: mehrere Antennen
 - 2.4 und 5.2 GHz Band – unlizenzirtes Spektrum
 - bis zu 600 Mbps brutto

→ alle verwenden CSMA/CA für den Mehrfachzugriff

→ alle haben Infrastruktur- und Ad-Hoc-Modi

6.3 802.11 LAN-Architektur

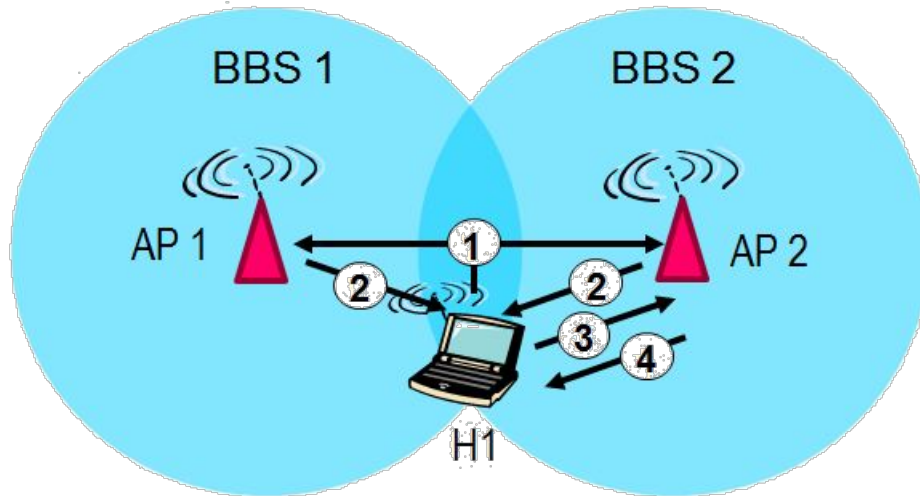
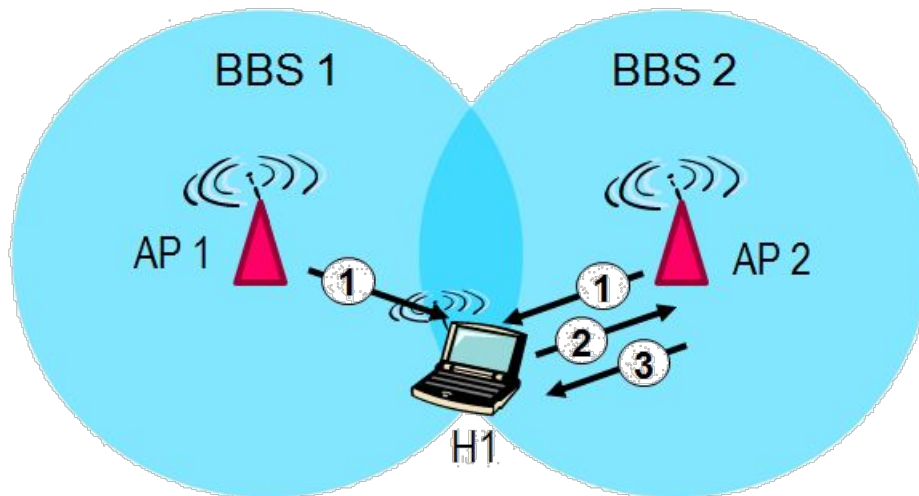
- drahtloser Host kommuniziert mit Basisstation
 - **Basisstation = Access Point (AP)**
- **Basic Service Set (BSS)** (auch "Zelle")
 - umfasst im Infrastruktur-Modus:
 - drahtlose Hosts
 - Access Point: Basisstation
 - umfasst im Ad-Hoc-Modus:
 - nur Hosts



6.3 802.11 - Kanäle, Assoziation

- 802.11b: 2.4GHz-2.485GHz-Spektrum, unterteilt in 11 Kanäle auf unterschiedlichen Frequenzen
 - AP-Administrator wählt die Frequenz für den AP
 - Interferenz möglich:
 - (a) die Frequenz kann dieselbe sein wie für einen benachbarten AP
 - (b) zu geringer Abstand zwischen den Kanälen → der Abstand zwischen frequenztechnisch unabhängigen Kanälen beträgt mindestens 4 Kanäle (Kanalabstand zwischen benachbarten Kanälen = 5 MHz, Kanalbreite = 20 MHz) → nur drei unabhängige Kanäle im 2.4 GHz Band möglich (z.B. 1, 6, 11)
→ Tipp zum Veranschaulichen für Windows-Nutzer: <http://www.metageek.net/products/inssider/>
- Host: muss sich mit einem AP **assoziiieren**
 - scannt die Kanäle und sucht **Beacon-Rahmen**, die Name (SSID) und MAC-Adresse des AP enthalten
 - wählt AP für die Assoziation
 - authentifiziert sich gegebenenfalls
 - verwendet dann üblicherweise DHCP, um eine IP-Adresse aus dem Subnetz des AP zu erhalten

6.3 802.11 - Passives/Aktives Scannen



Passives Scannen:

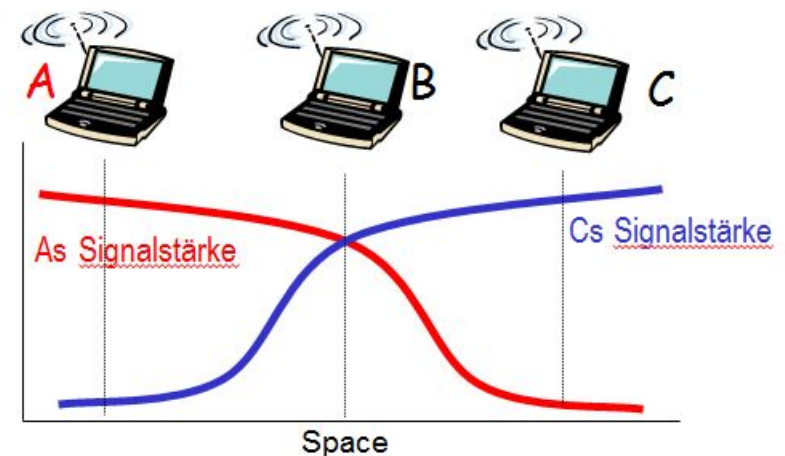
- (1) Beacon-Rahmen werden von den APs gesendet
- (2) Association-Request-Rahmen von H1 an den gewählten AP
- (3) AP antwortet mit Association-Response-Rahmen

Aktives Scannen:

- (1) Probe-Request-Rahmen wird von H1 als Broadcast verschickt
- (2) APs antworten mit Probe-Response-Rahmen
- (3) Association-Request-Rahmen von H1 an den gewählten AP
- (4) AP antwortet mit Association-Response-Rahmen

6.3 IEEE 802.11 WLAN - Mehrfachzugriff

- Kollisionsvermeidung, wenn zwei oder mehr Knoten gleichzeitig senden wollen
- IEEE 802.11 WLAN: CSMA – erst prüfen, dann senden
 - Kollision mit aktuell sendenden Knoten wird vermieden, aber keine Kollisionserkennung!
 - es ist schwierig, während dem Senden gleichzeitig zu empfangen (und so Kollisionen zu erkennen), weil das von anderen empfangene Signal schwach ist
 - Es gibt Fälle, in denen Kollisionen nicht bemerkt werden können: Hidden Terminal, Signalabschwächung
 - Ziel: **Kollisionsvermeidung** → CSMA/C(ollision)A(avoidance)



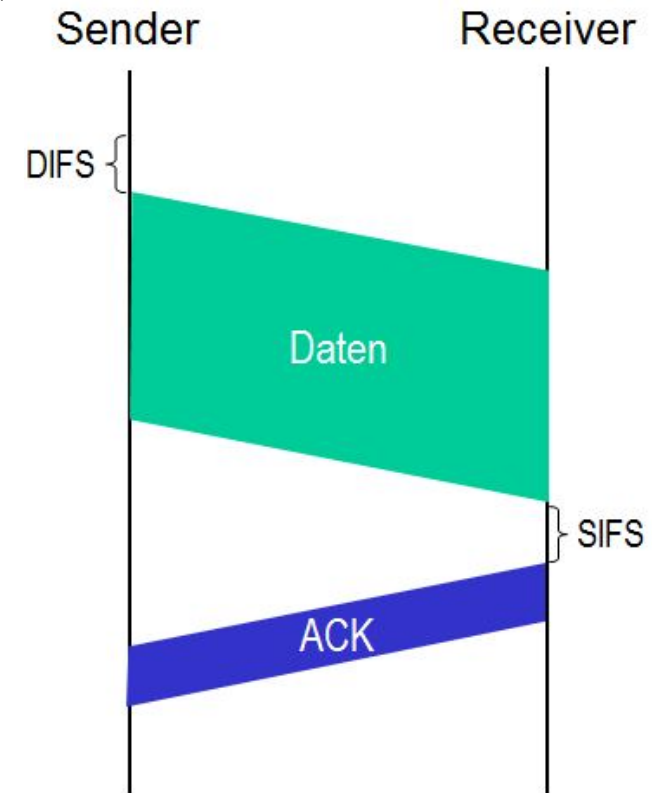
6.3 IEEE 802.11 MAC: CSMA/CA

802.11-Sender

- 1 Wenn der Kanal für die Dauer DIFS (Distributed Coordination Function Interframe Spacing) frei ist, sende den gesamten Rahmen.
- 2 Wenn der Kanal belegt ist, (a) wähle einen zufälligen Backoff-Timer, und (b) zähle den Timer runter in den Phasen in denen der Kanal frei ist. Bei Belegung des Kanals, friere das Runterzählen ein.
- 3 Sobald das Runterzählen des Timers ausläuft (was nur bei freiem Kanal passieren kann!), sende den Rahmen und warte auf das ACK.
- 4 Wenn kein ACK empfangen, vergrößere das Backoff-Intervall aus dem die Timerlaufzeit gewürfelt wird und wiederhole die Prozedur ab Schritt 2 (b).

802.11-Empfänger

- Wenn ein Rahmen korrekt empfangen wurde antworte mit einem ACK, nachdem für die Dauer **SIFS** (Short Interframe Spacing) gewartet wurde (das ACK ist unter anderem wegen des Hidden-Terminal-Problems nötig).



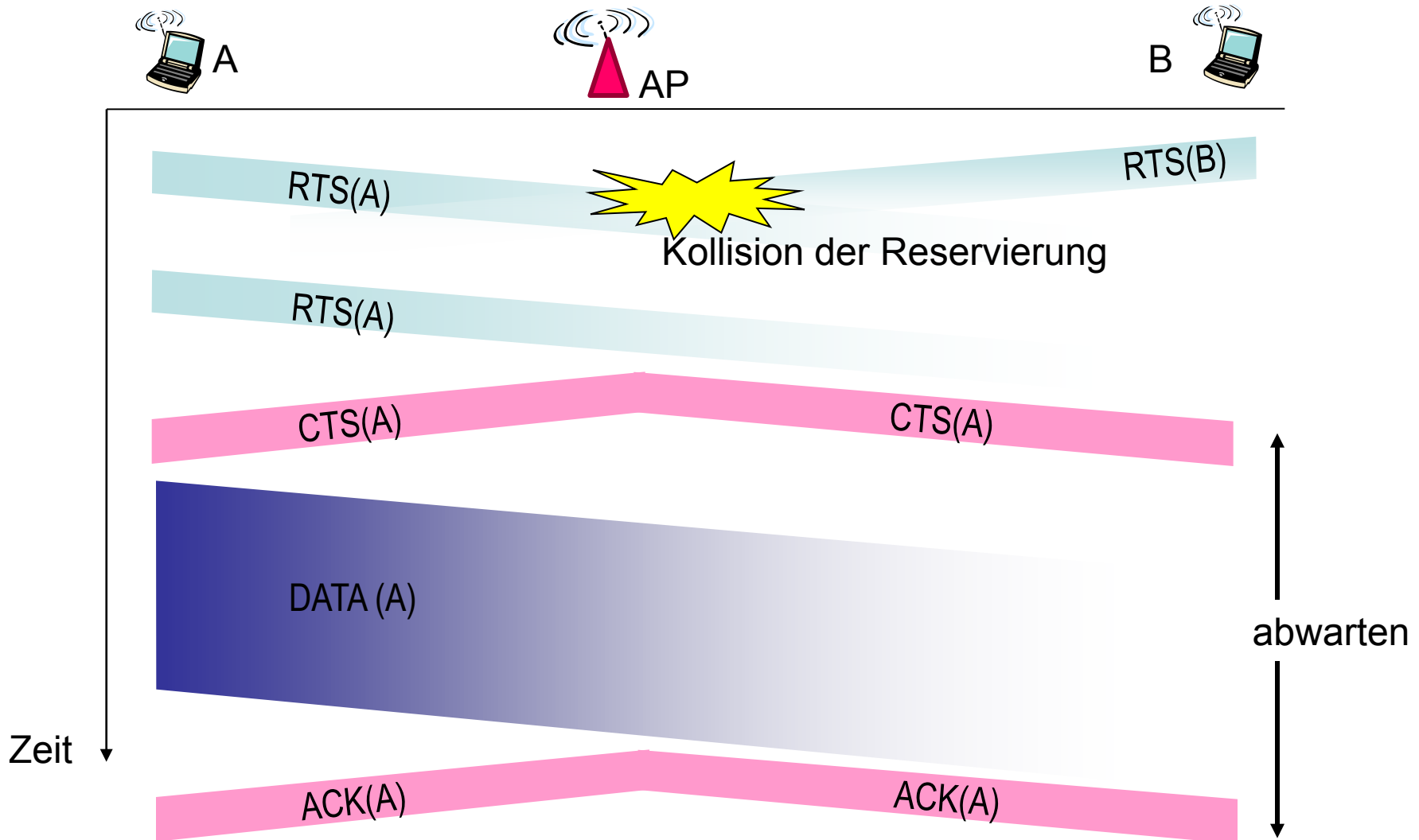
6.3 Kollisionsvermeidung

Idee: Ermögliche es dem Sender, den Kanal für lange Rahmen zu “reservieren”, statt eines wahlfreien Kanalzugriffs:

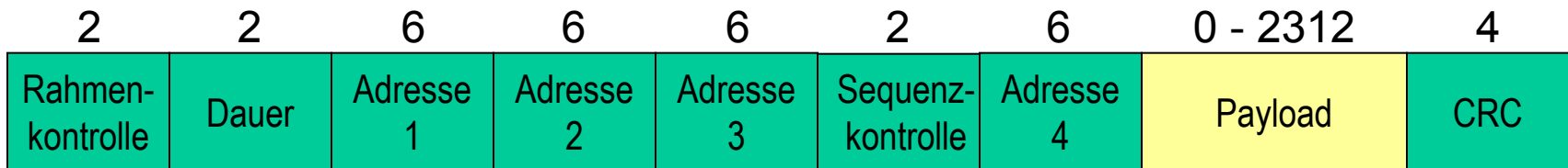
- Der Sender überträgt zunächst *kurze* Request-to-Send-Rahmen (RTS) an die Basisstation mit CSMA
 - RTS-Rahmen können immer noch kollidieren (aber sie sind kurz)
- BS schickt einen Clear-to-Send-Rahmen (CTS) per Broadcast als Antwort
- alle Knoten hören das RTS und/oder das CTS
 - der Sender überträgt seinen Datenrahmen
 - andere Stationen senden währenddessen nicht

→ Vermeidet Kollisionen von Datenrahmen mittels kleiner Kontrollpakete!

6.3 Kollisionsvermeidung - RTS/CTS



6.3 802.11-Rahmen - Adressierung



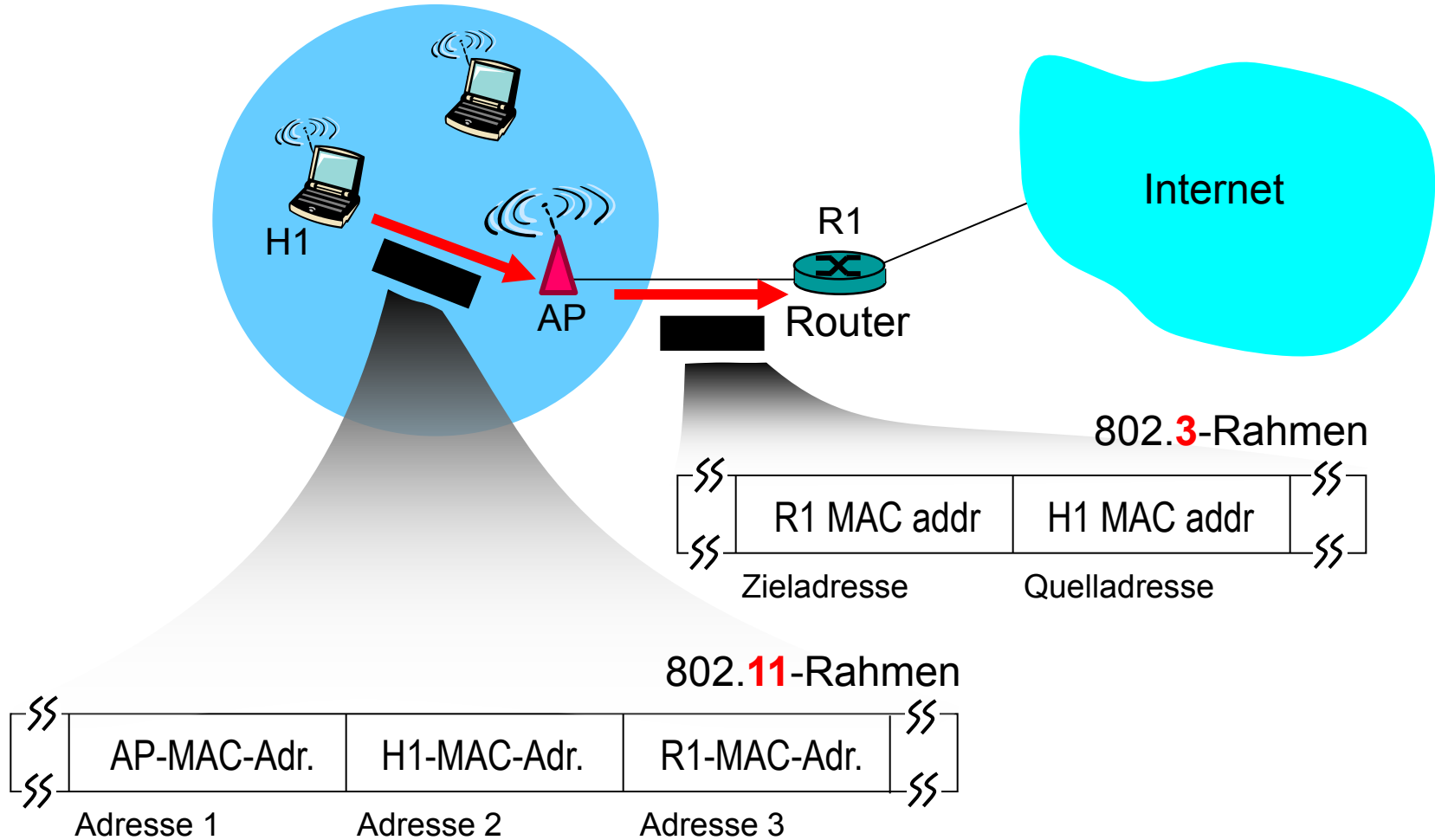
Adresse 1: MAC-Adresse des drahtlosen Hosts oder APs, der diesen Rahmen empfängt

Adresse 2: MAC-Adresse des drahtlosen Hosts oder APs, der diesen Rahmen sendet

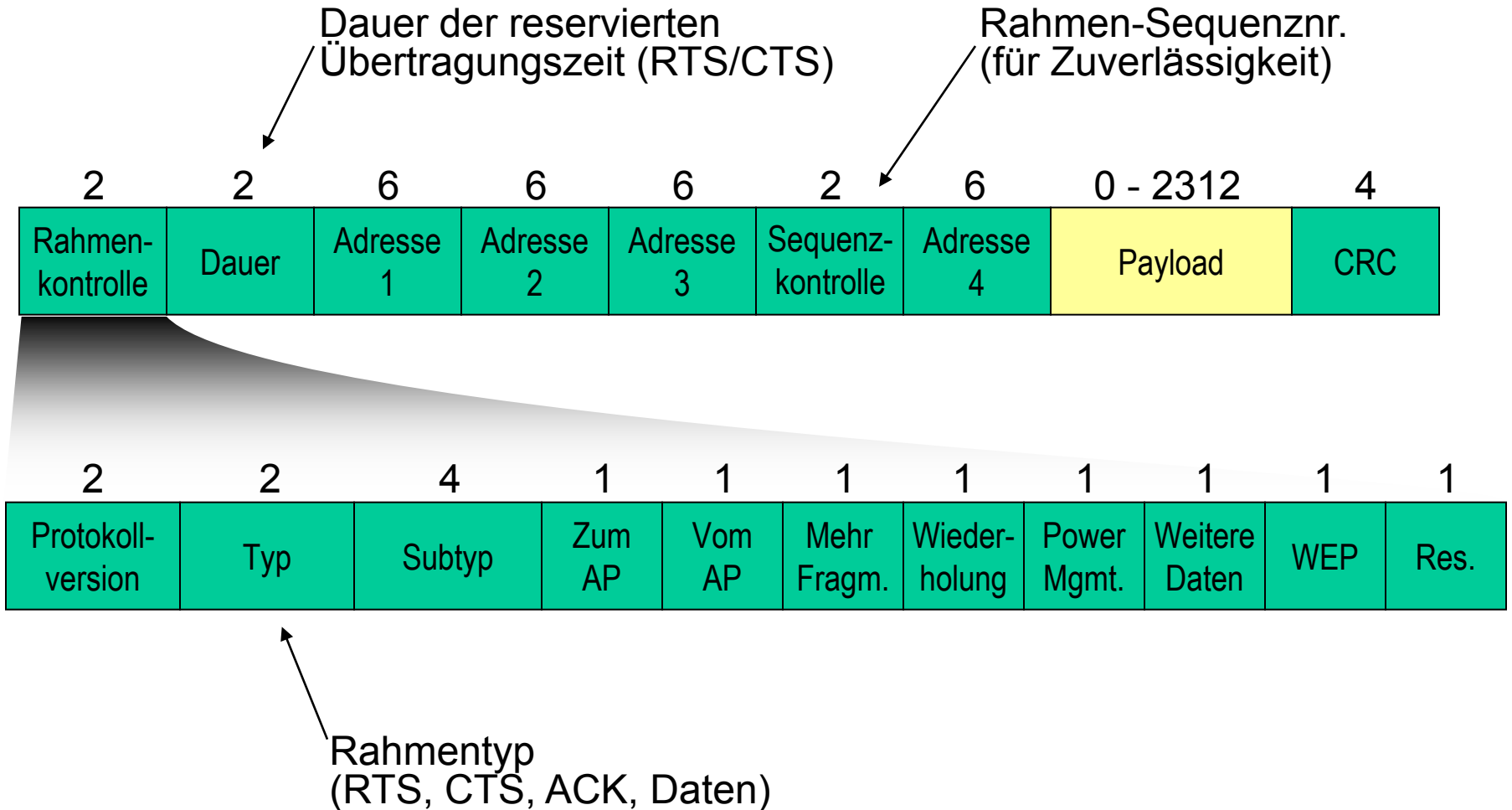
Adresse 3: MAC-Adresse des Hosts oder Routers im drahtgebundenen Teil des LANs

Adresse 4: nur im Ad-Hoc-Modus verwendet

6.3 802.11-Rahmen - Adressierung

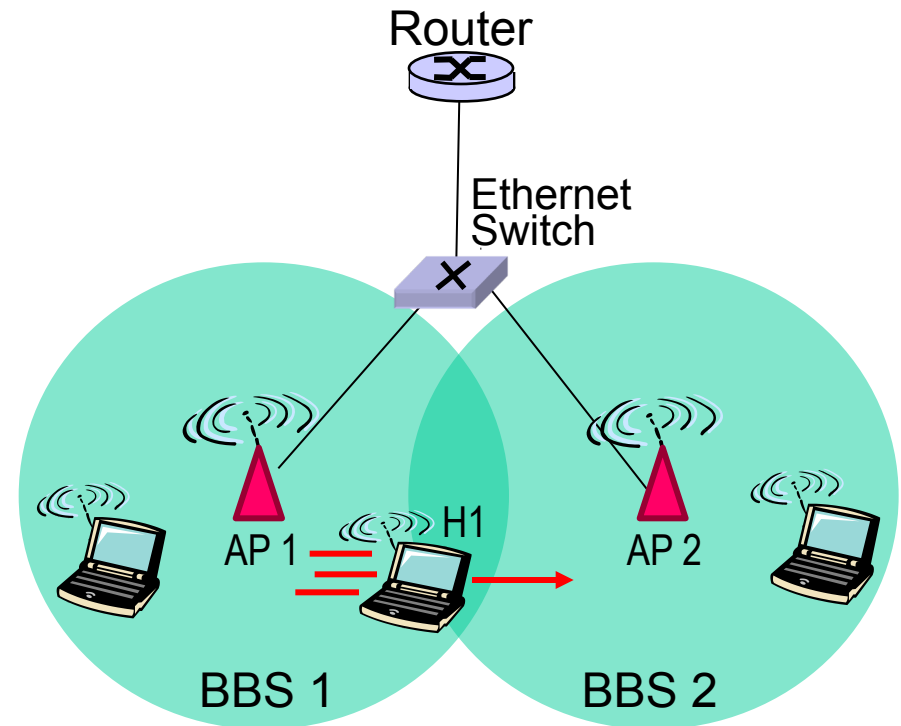


6.3 802.11-Rahmen



6.3 802.11 - Mobilität im selben Subnetz

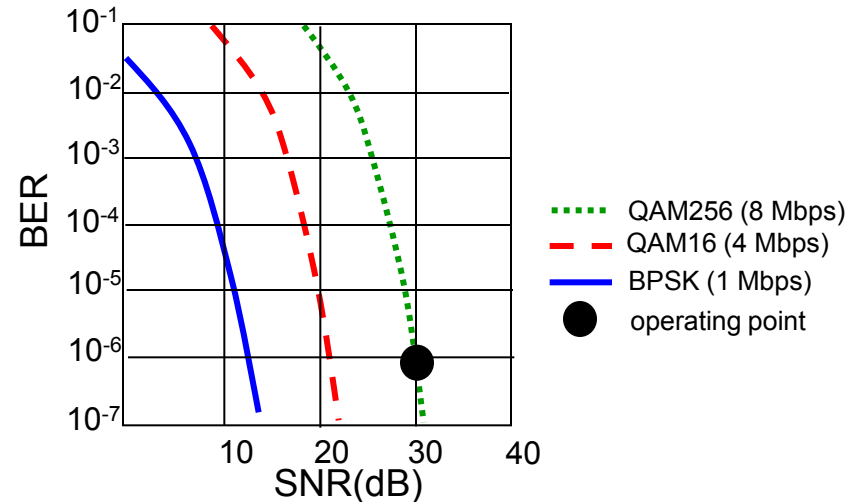
- AP1 und AP2 sind zwei Access Points im selben Subnetz und sie haben identische SSIDs (Service Set Identifiers = Netznamen)
- H1 wechselt von AP1 zu AP2
 - H1 bleibt im selben Subnetz, seine IP-Adresse kann daher gleich bleiben
- Wie lernt der Switch, mit welchem AP ist H1 assoziiert ist?
 - **Selbstlernend (Kap. 5):**
AP2 schickt einen Broadcast-Rahmen mit der MAC-Quelleadresse von H1 sofort nach der Assoziation von H1, der Switch sieht den Rahmen von H1 und “merkt” sich, über welchen (neuen) Port H1 erreicht werden kann



6.3 802.11 - Fortgeschrittene Mechanismen

Ratenanpassung

Basisstation und mobiles Gerät passen die Übertragungsrate (also die Modulation auf der Bitübertragungsschicht) dynamisch an, während sich das mobile Gerät bewegt und sich der SNR ändert.



1. SNR sinkt, BER steigt während sich der Knoten von der Basisstation wegbewegt.

2. Wenn die BER zu hoch wird, wird zu einer geringeren Übertragungsrate (mit niedrigerer BER) gewechselt.

6.3 802.11 - Fortgeschrittene Mechanismen

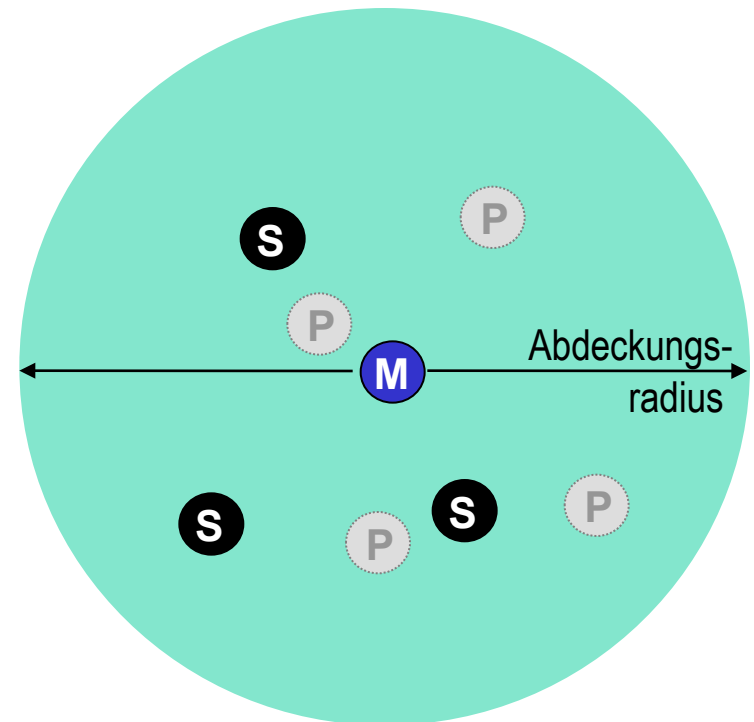
Power Management

- Knoten an AP: “Ich gehe jetzt bis zum nächsten Beacon schlafen”
 - AP weiß, dass er an diesen Knoten jetzt keine Rahmen übertragen kann
 - Knoten wacht vor dem nächsten Beacon auf
- Beacon-Rahmen: enthält eine Liste der Knoten, für die Rahmen zur Übertragung anstehen
 - Knoten bleibt wach, wenn Rahmen warten; sonst schläft er wieder bis zum nächsten Beacon



6.3 802.15 - Personal Area Network

- weniger als 10 m Durchmesser
- ersetzt Kabel (Maus, Tastatur, Kopfhörer, usw.)
- Ad Hoc: keine Infrastruktur
- Master/Slaves:
 - Slaves bitten um Erlaubnis zu senden (vom Master)
 - Master gewährt Zugriff
- 802.15: aus der Bluetooth-Spezifikation entstanden
 - 2.4-2.5 GHz-Band
 - bis zu 721 kbps



M Master

S Slave

P Geparktes Gerät (inaktiv)

Kapitel 6 - Drahtlose und mobile Netze

6.1 Einführung

6.2 Eigenschaften drahtloser Links

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN, Wi-Fi)

6.4 Zellulare Mobilfunknetze

6.5 Prinzipien: Adressierung von mobilen Benutzern, Routing zu mobilen Benutzern

6.6 Mobile IP

6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

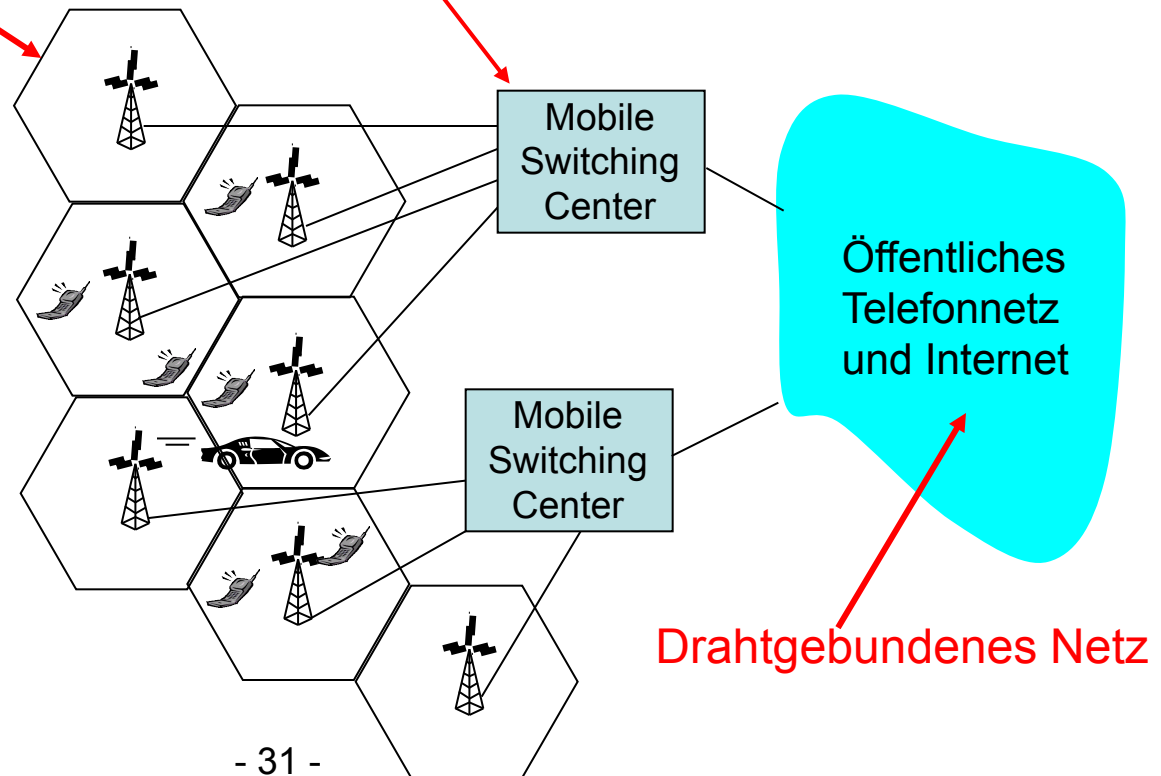
6.4 Bestandteile einer zellularen Netzarchitektur

MSC

- verbindet die Zellen mit dem WAN
- verwaltet den Verbindungsaufbau (später mehr)
- verwaltet Mobilität (später mehr)

Zelle

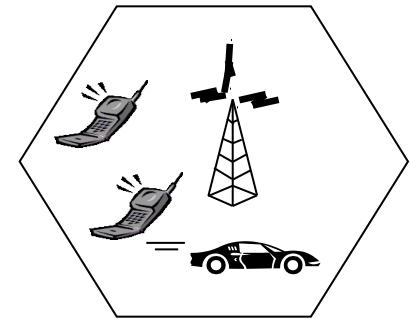
- eine **Basisstation** (BS) deckt eine geographische Region ab
- **mobile Benutzer** werden über BS ans Netz angebunden
- **Luftschnittstelle:** Bitübertragungs- und Sicherungsschichtprotokolle zwischen Endgerät und BS



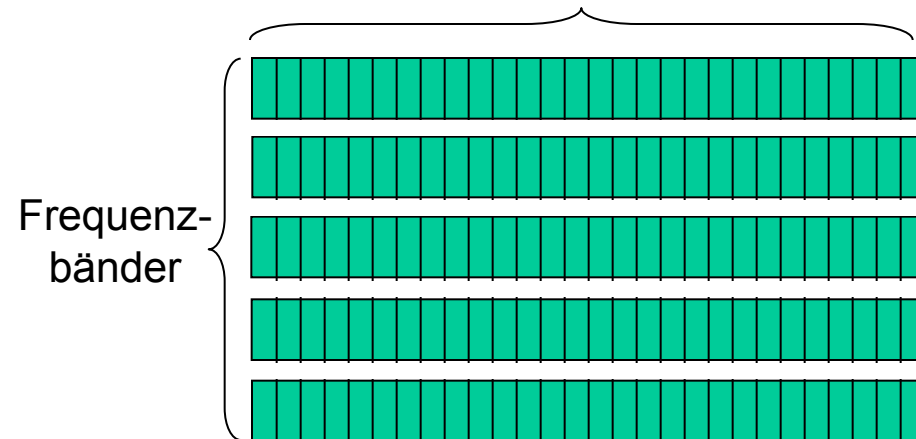
6.4 Zellulare Netze – Der erste Hop

Mehrere mögliche Techniken für die Kanalaufteilung zwischen Endgeräten und BS:

- **kombiniertes FDMA/TDMA:** teile das Spektrum in Kanäle (Frequenzbänder), unterteile jeden Kanal in Zeitschlitz (siehe Bild rechts)
- **CDMA:** Code Division Multiple Access (für Interessierte → mehr Details dazu im Buch verfügbar!)
- **OFDMA:** Orthogonal Frequency Division Multiple Access



Zeitschlitz



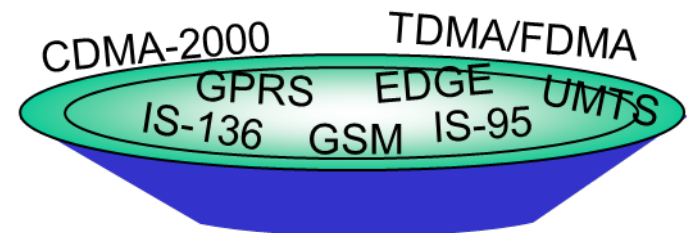
6.4 Überblick über zellulare Standards

2G-Systeme: Sprachkanäle

- IS-136 TDMA: kombiniertes FDMA/TDMA (Nordamerika)
- GSM (Global System for Mobile Communications): kombiniertes FDMA/TDMA
 - am weitesten verbreitet
- IS-95 CDMA: Code Division Multiple Access

2.5G-Systeme: Sprach- und Datenkanäle

- General Packet Radio Service (GPRS)
 - Weiterentwicklung von GSM
 - Daten werden auf mehreren Kanälen gesendet (wenn welche verfügbar sind)
- Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE)
 - Ebenfalls auf GSM aufbauend, mit erweiterten Modulationsverfahren
 - Datenraten bis zu 384 kbit/s
- CDMA-2000 (Phase 1)
 - Datenraten bis zu 144 kbit/s
 - Hervorgegangen aus IS-95



6.4 Überblick über zellulare Standards

3G-Systeme: Sprache/Daten

- Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS)
 - Datendienst: High Speed Uplink/Downlink Packet Access (HSDPA/HSUPA)
→ bis zu 42 Mbit/s im Downlink schon im Einsatz, mit Aussicht auf noch höhere Datenraten in den nächsten Jahren
- CDMA-2000: CDMA in TDMA-Zeitslots
 - Datendienst: 1x Evolution Data Optimized (1xEVDO) bis zu 14 Mbit/s

Die nächste Systemgeneration:

- LTE (Long Term Evolution)
 - Basierend auf OFDMA
 - Noch viel höhere Datenraten als HSDPA/HSUPA sowie geringere Latenzzeiten

Kapitel 6 - Drahtlose und mobile Netze

6.1 Einführung

6.2 Eigenschaften drahtloser Links

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN, Wi-Fi)

6.4 Zellulare Mobilfunknetze

6.5 Prinzipien: Adressierung von mobilen Benutzern, Routing zu mobilen Benutzern

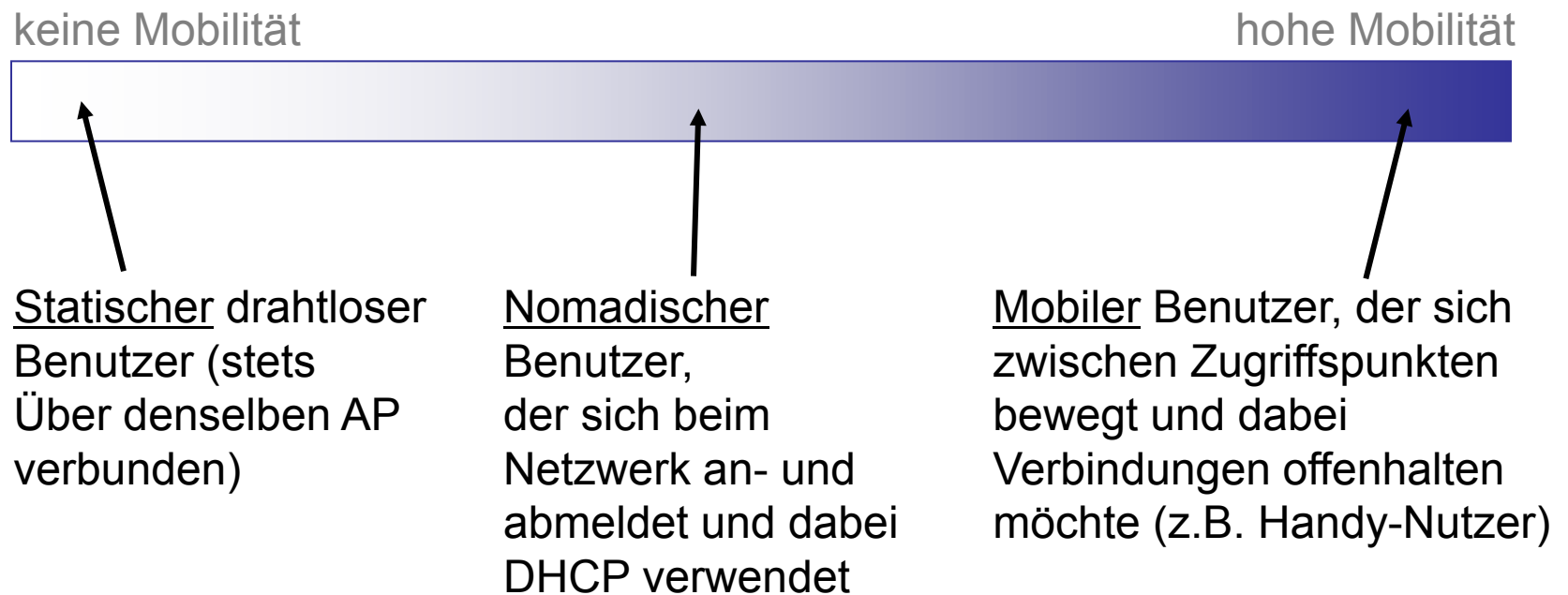
6.6 Mobile IP

6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

6.5 Was ist Mobilität?

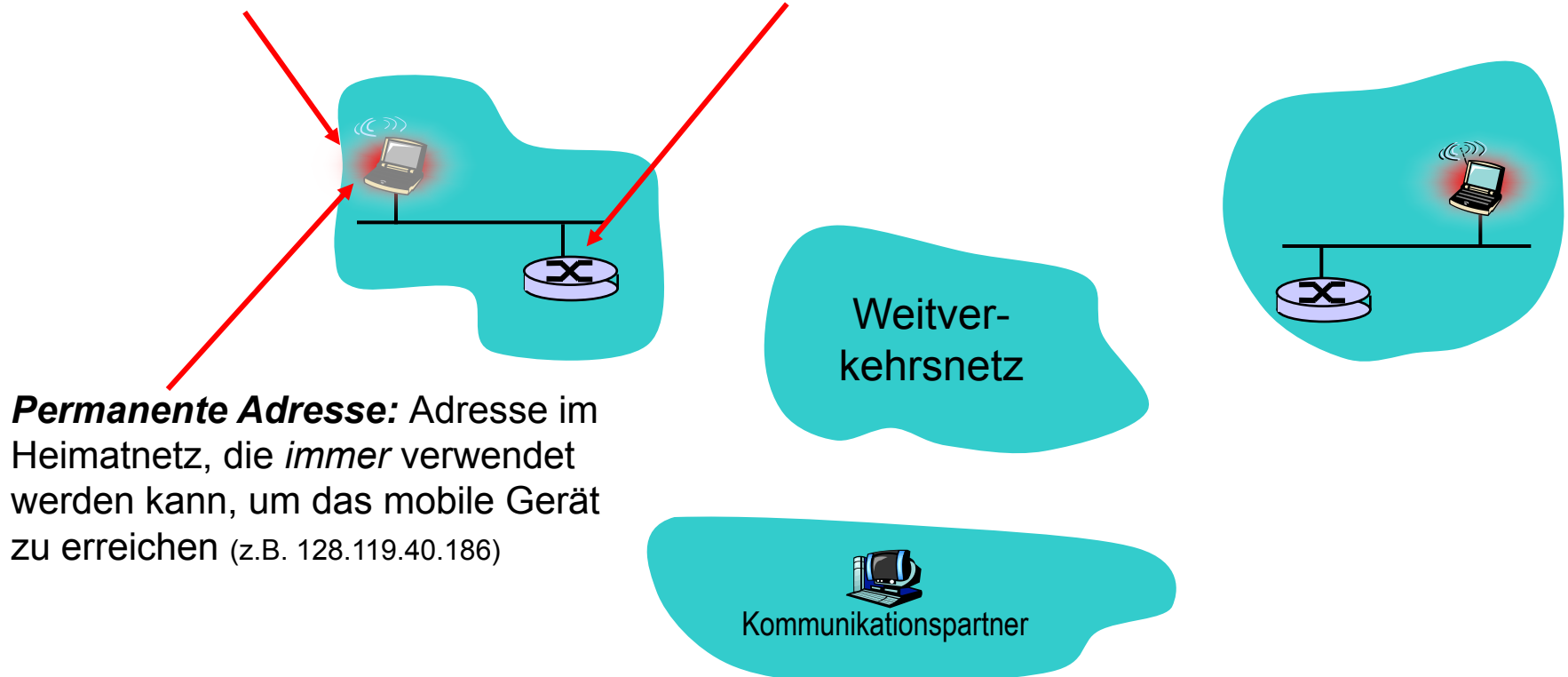
Spektrum der Mobilität aus Sicht des Netzwerks:



6.5 Mobilität – Vokabular

Heimatnetz: permanente “Heimat”
des mobilen Geräts (z.B. 128.119.40/24)

Home Agent: Instanz, die mobilitätsbezogene
Aufgaben für das mobile Gerät erledigt, wenn
es gerade nicht im Heimatnetz ist

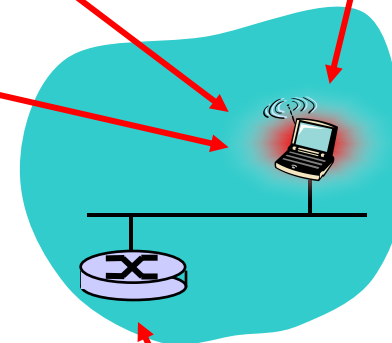
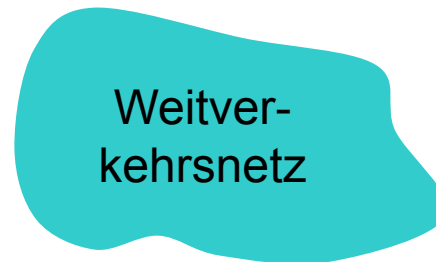
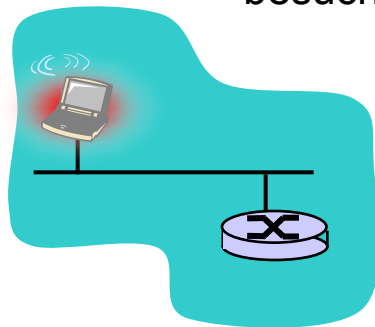


6.5 Mobilität – Vokabular

Permanente Adresse:
bleibt fest (z.B. 128.119.40.186)

Besuchtes Netzwerk: Netzwerk,
in dem sich das mobile Gerät
aktuell befindet (z.B. 79.129.13/24)

Care-of-Adresse: Adresse im
besuchten Netzwerk (z.B. 79.129.13.2)



Kommunikationspartner:
möchte mit dem mobilen
Gerät kommunizieren



Foreign Agent:
Instanz im besuchten
Netz, die für das mobile
Gerät mobilitätsbezogene
Aufgaben erledigt

6.5 Wie Sie einen mobilen Freund kontaktieren

Wenn eine Freundin ständig ihre Adresse ändert, wie können Sie sie dann finden?

- Alle Telefonbücher durchsuchen?
- Ihre Eltern anrufen?
- Von ihr verlangen, dass sie Sie auf dem Laufenden hält, wo sie steckt?



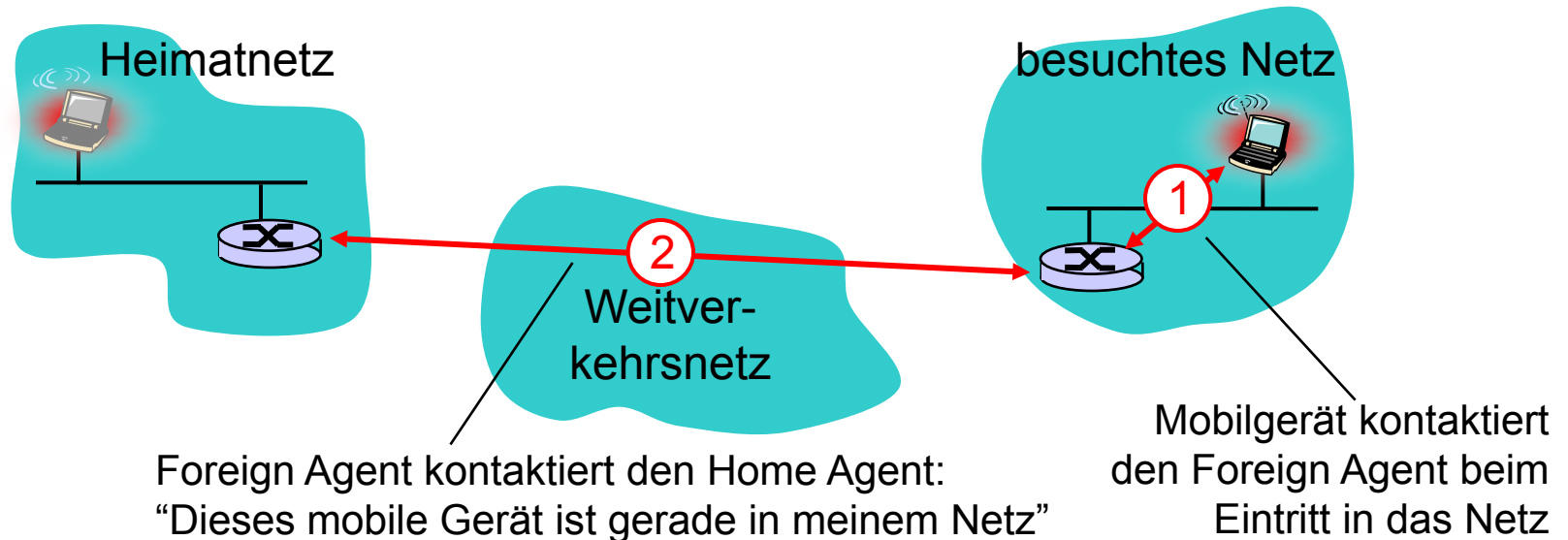
6.5 Mobilität - Lösungsansätze

- **Das Routing soll das erledigen:** Router verbreiten den Weg zur permanenten Adresse eines gerade anwesenden mobilen Geräts über die normalen Routingtabellen-Updates.
 - Routing-Tabellen zeigen, wo ein mobiles Gerät gerade ist
 - keine Veränderungen an den Endsystemen
- **Die Endsysteme kümmern sich selbst darum:**
 - **indirektes Routing:** Daten vom Kommunikationspartner zum mobilen Gerät nehmen einen Umweg über den Home Agent, von wo sie zum mobilen Benutzer weitergeleitet werden.
 - **direktes Routing:** Der Kommunikationspartner informiert sich über die momentane Adresse des mobilen Gerätes und kontaktiert es dann direkt.

6.5 Mobilität - Lösungsansätze

- **Das Routing soll das erledigen:** Routing skaliert nicht für Millionen von Benutzern
Adresse eines gerade anwesenden mobilen Benutzers über die normalen Routingtabellen-Updates.
 - Routing-Tabellen zeigen, wo ein mobiler Benutzer ist
 - keine Veränderungen an den Endsystemen
- **Die Endsysteme kümmern sich selbst darum:**
 - **indirektes Routing:** Daten vom Kommunikationspartner zum mobilen Gerät nehmen einen Umweg über den Home Agent, von wo sie zum mobilen Benutzer weitergeleitet werden.
 - **direktes Routing:** Der Kommunikationspartner informiert sich über die momentane Adresse des mobilen Gerätes und kontaktiert es dann direkt.

6.5 Mobilität – Registrierung



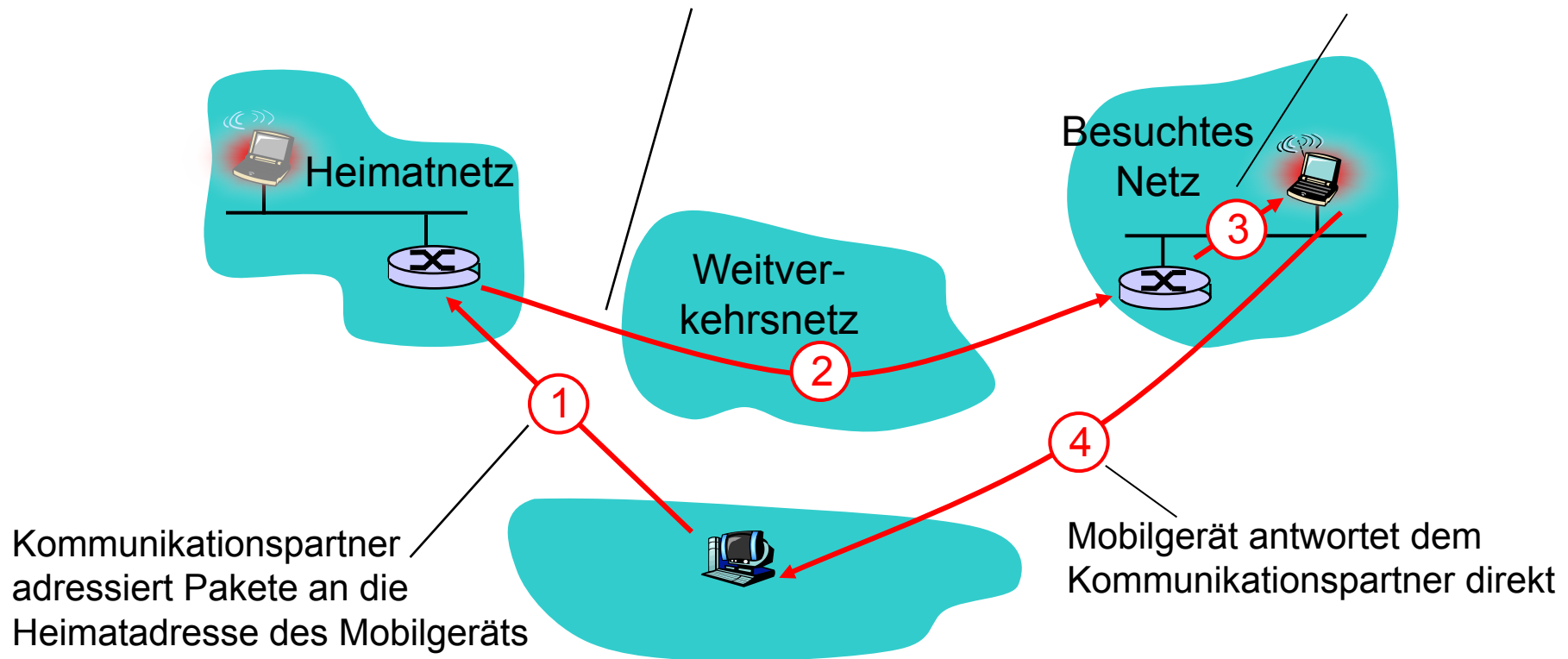
Endergebnis:

- ✓ Foreign Agent kennt das Mobilgerät
- ✓ Home Agent weiß, wo sich das Gerät befindet

6.5 Mobilität mit indirektem Routing

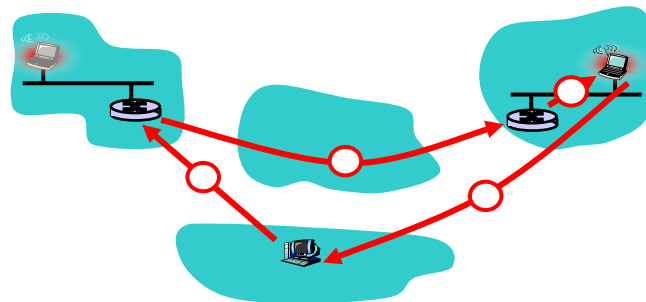
Home Agent fängt Pakete ab und leitet sie an das mobile Gerät weiter

Foreign Agent empfängt Pakete und leitet sie an das mobile Gerät weiter



6.5 Indirektes Routing – Anmerkungen

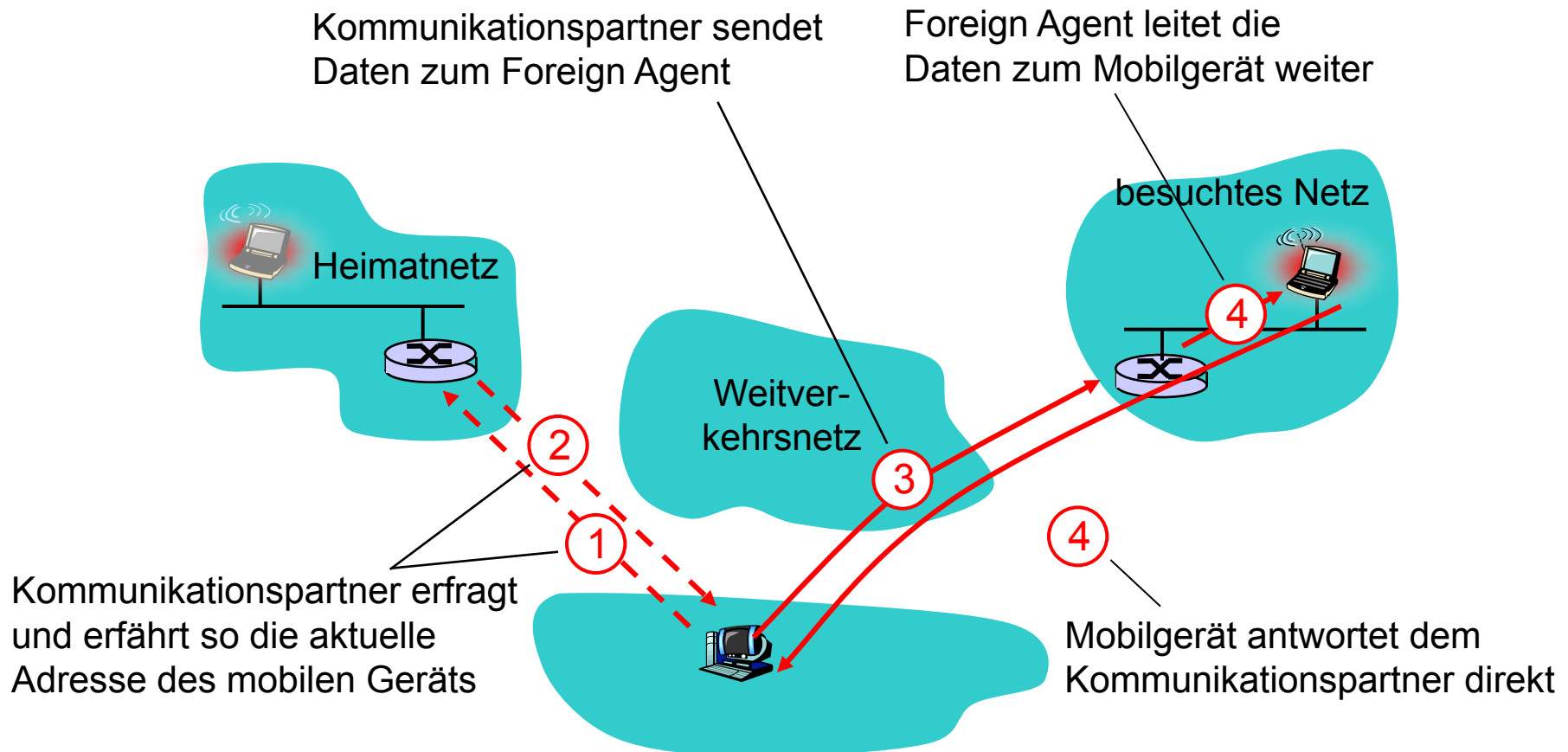
- Das Mobilgerät hat zwei Adressen:
 - **Permanente Adresse:** wird vom Kommunikationspartner benutzt (die Mobilität ist daher für den Kommunikationspartner *transparent*)
 - **Care-of-Adresse:** vom Home Agent verwendet, um Datagramme an das Mobilgerät weiterzuleiten
- Funktion des Foreign Agent kann vom Mobilgerät selbst erledigt werden
- **Dreiecksrouting:** Kommunikationspartner → Heimatnetz → Mobilgerät
→ ineffizient, vor allem wenn Mobilgerät und Kommunikationspartner gerade im gleichen Netzwerk sind!



6.5 Indirektes Routing – Wechsel des Netzes

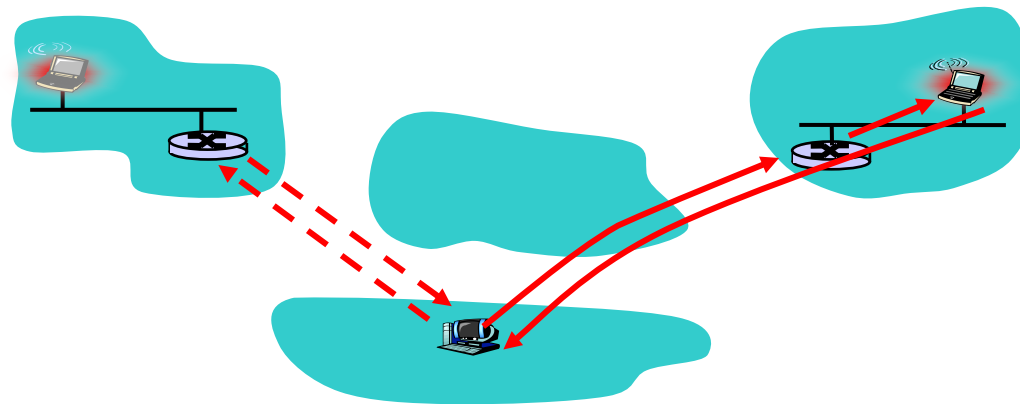
- angenommen, ein mobiler Benutzer wechselt in ein anderes Netzwerk
 - registriert sich beim neuen Foreign Agent
 - der neue Foreign Agent informiert den Home Agent
 - Home Agent aktualisiert die Care-of-Adresse
 - Pakete werden weiterhin zum Mobilgerät weitergeleitet (jetzt zur neuen Care-of-Adresse)
- Mobilität und Wechsel des Netzwerks sind transparent:
offene Verbindungen können weiterhin genutzt werden!

6.5 Mobilität über direktes Routing



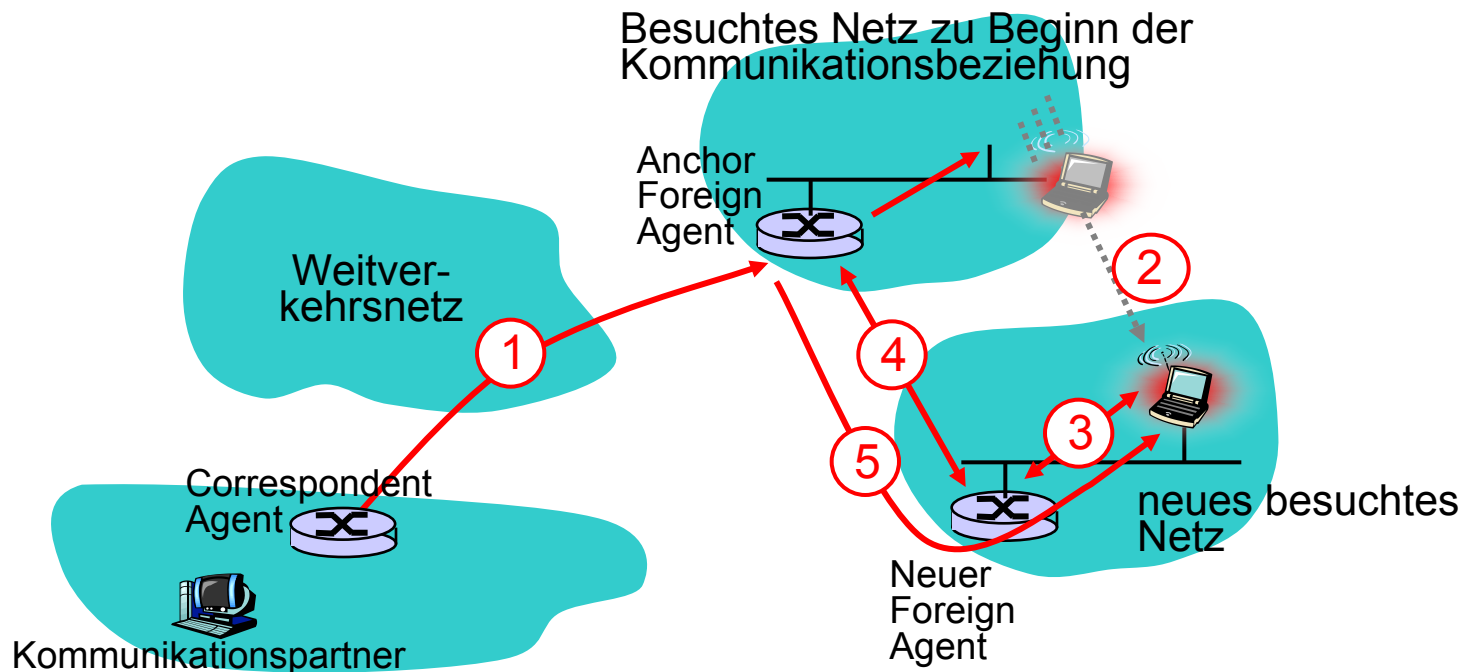
6.5 Mobilität über direktes Routing – Anmerkungen

- Löst das Dreiecksrouting-Problem
- **Nicht transparent für den Kommunikationspartner:**
er muss sich die Care-of-Adresse vom Home Agent holen
 - Was passiert, wenn das mobile Gerät das Netzwerk wechselt?



6.5 Mobilität mit direktem Routing unterstützen

- Anchor Foreign Agent: FA im ersten besuchten Netz
- Daten werden immer zuerst zum Anchor-FA geroutet
- Wenn sich das Mobilgerät weiterbewegt, sorgt der neue FA dafür, dass die Daten vom alten FA zu ihm weitergeleitet werden (Verkettung)



Kapitel 6 - Drahtlose und mobile Netze

6.1 Einführung

6.2 Eigenschaften drahtloser Links

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN, Wi-Fi)

6.4 Zellulare Mobilfunknetze

6.5 Prinzipien: Adressierung von mobilen Benutzern, Routing zu mobilen Benutzern

6.6 Mobile IP

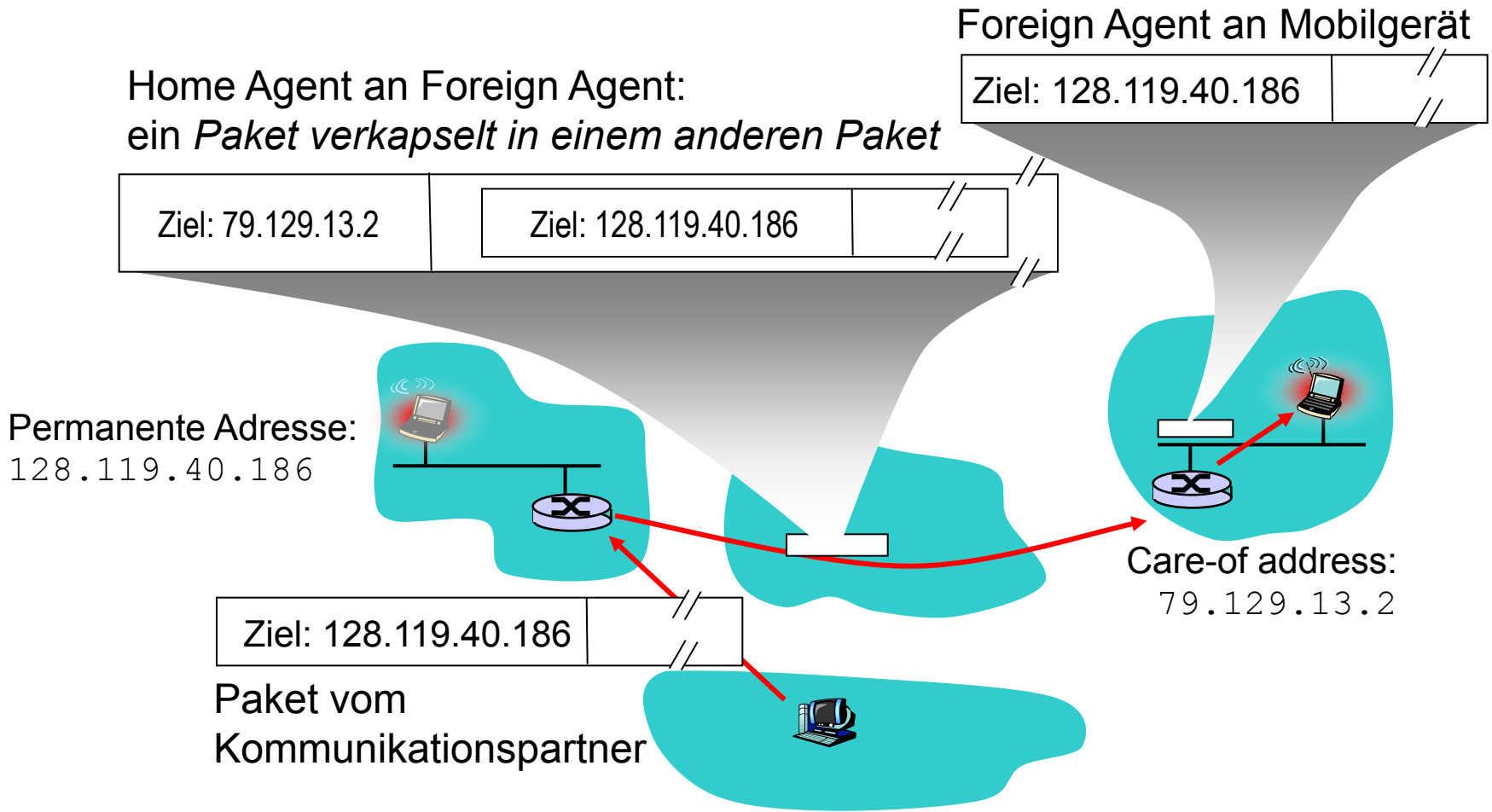
6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

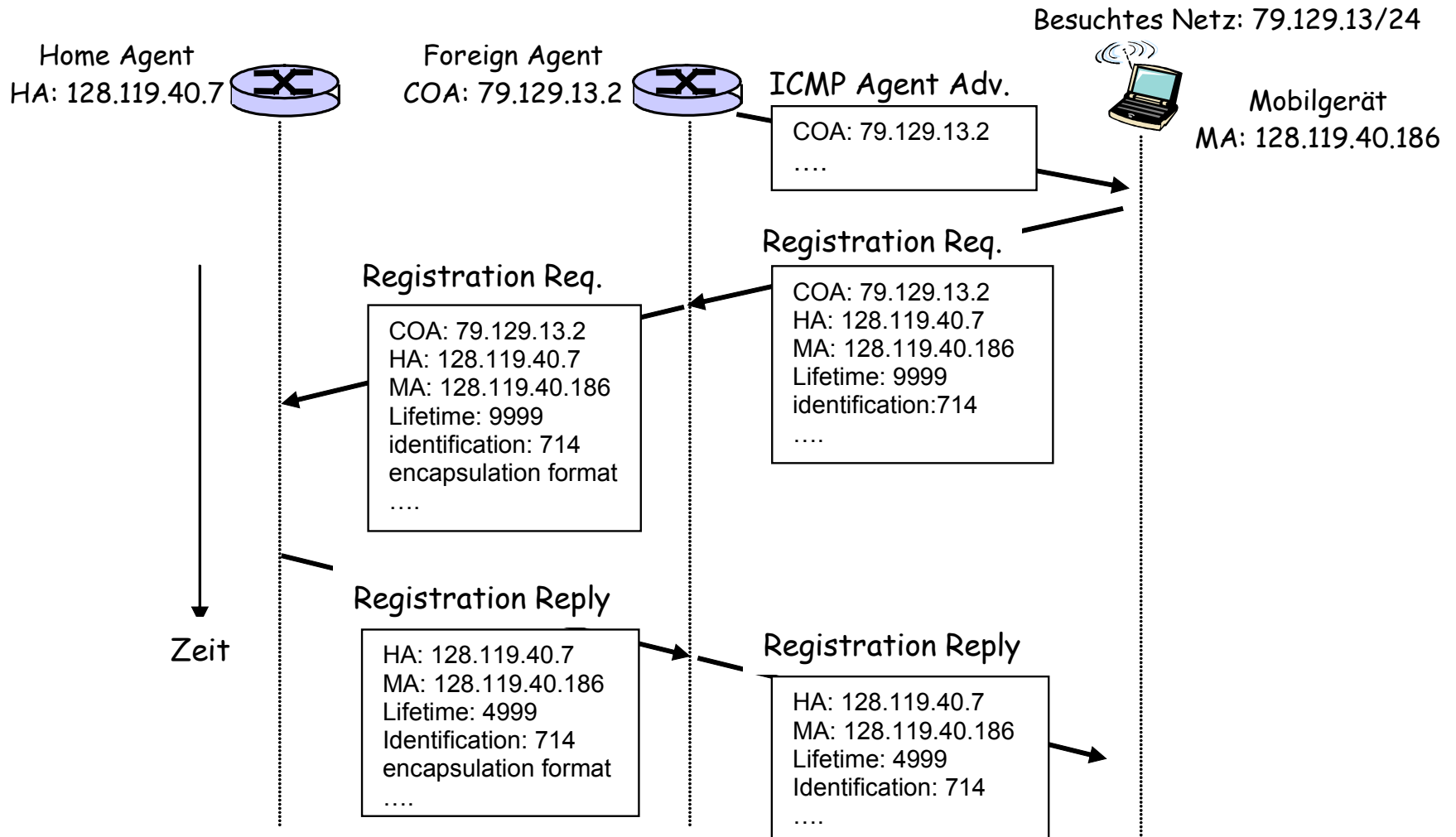
6.6 Mobile IPv4

- [RFC 5944](#)
- viele Features, die wir bereits kennen:
 - Home Agents, Foreign Agents, Registrierung beim Foreign Agent, Care-of-Adressen, Paketverkapselung (Paket-im-Paket)
- Standard besteht aus drei Komponenten:
 - indirektes Routing von Datagrammen
 - Finden von Agents
 - Registrierung beim Home Agent

6.6 Mobile IPv4 – indirektes Routing



6.6 Mobile IPv4 – Beispiel einer Registrierung



Kapitel 6 - Drahtlose und mobile Netze

6.1 Einführung

6.2 Eigenschaften drahtloser Links

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN, Wi-Fi)

6.4 Zellulare Mobilfunknetze

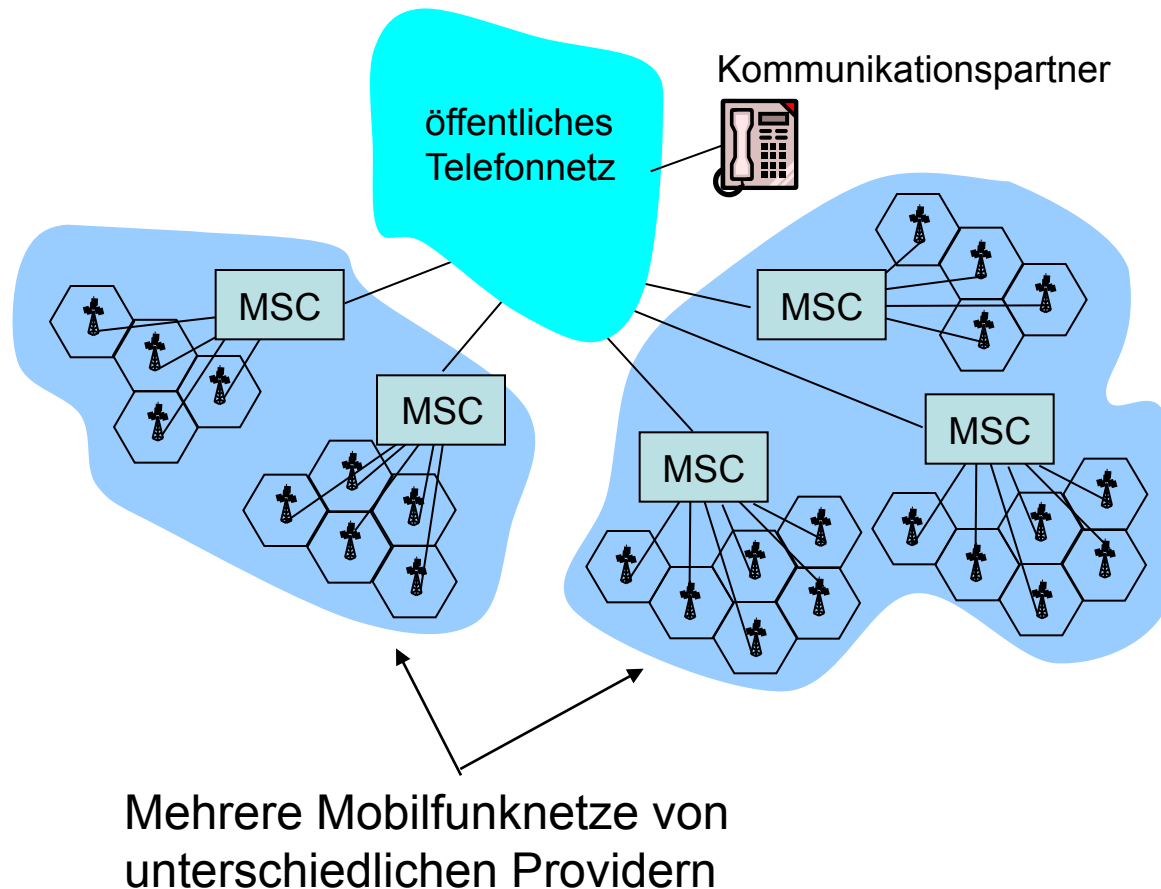
6.5 Prinzipien: Adressierung von mobilen Benutzern, Routing zu mobilen Benutzern

6.6 Mobile IP

6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

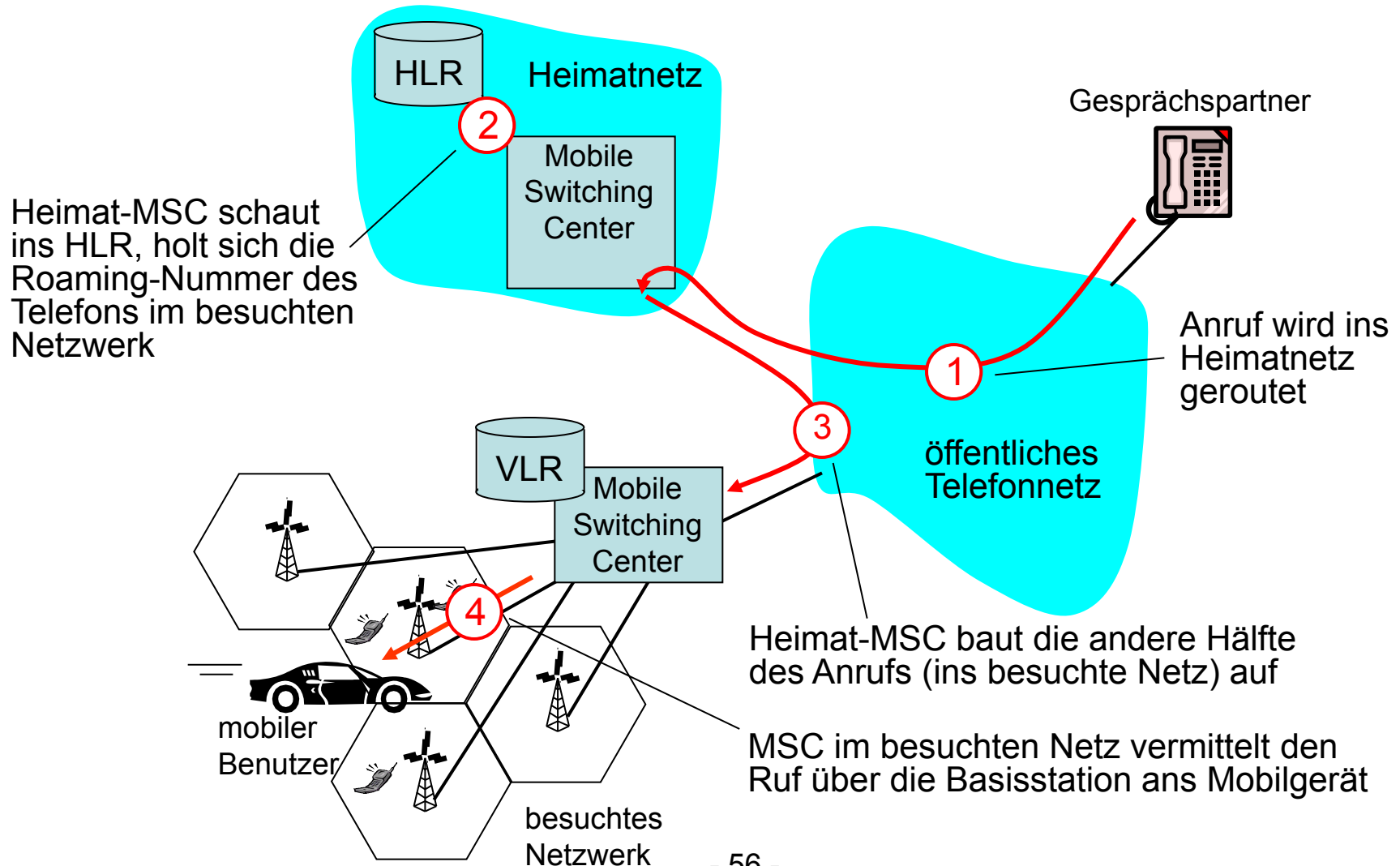
6.7 Bestandteile einer zellularen Netzarchitektur



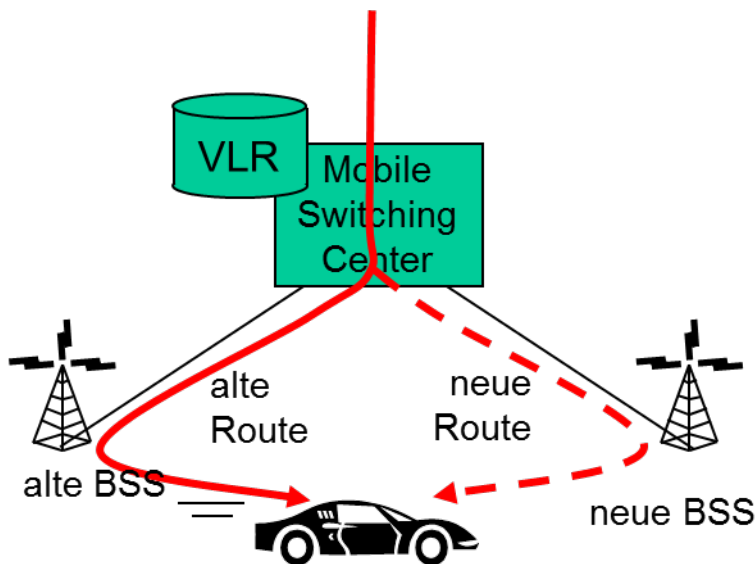
6.7 Mobilität in zellularen Netzen

- **Heimatnetz:** Netzwerk des Netzanbieters, mit dem Sie einen Vertrag haben
 - **Home Location Register (HLR):** Datenbank im Heimatnetz, die die Mobilfunknummer, Profildaten (Dienste, Voreinstellungen, Abrechnungsdaten, usw.) und Informationen zum aktuellen Aufenthaltsort (möglicherweise ein anderes Netz) enthält
- **besuchtes Netzwerk:** das Netz, in dem das Mobiltelefon derzeit eingebucht ist
 - **Visitor Location Register (VLR):** Datenbank mit einem Eintrag für jeden Benutzer, der sich gerade im Netz befindet
 - könnte auch das Heimatnetz sein

6.7 GSM – indirektes Routing zum Mobilgerät

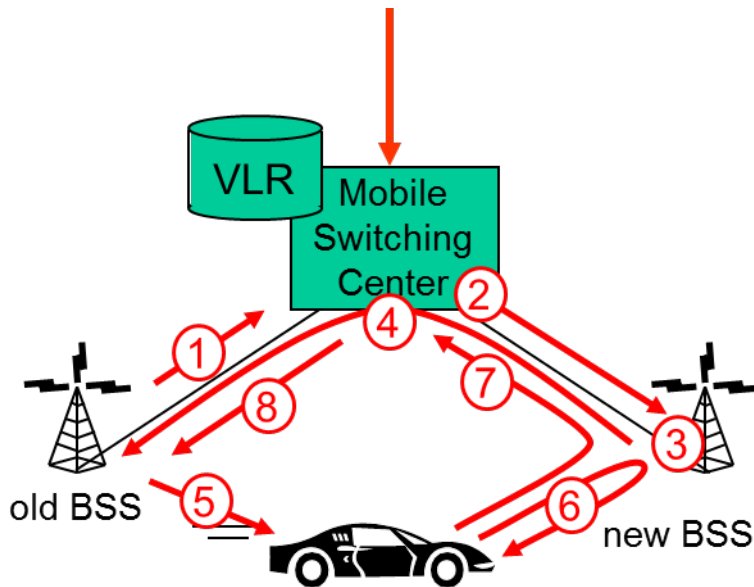


6.7 GSM – Handoff bei gleichem MSC



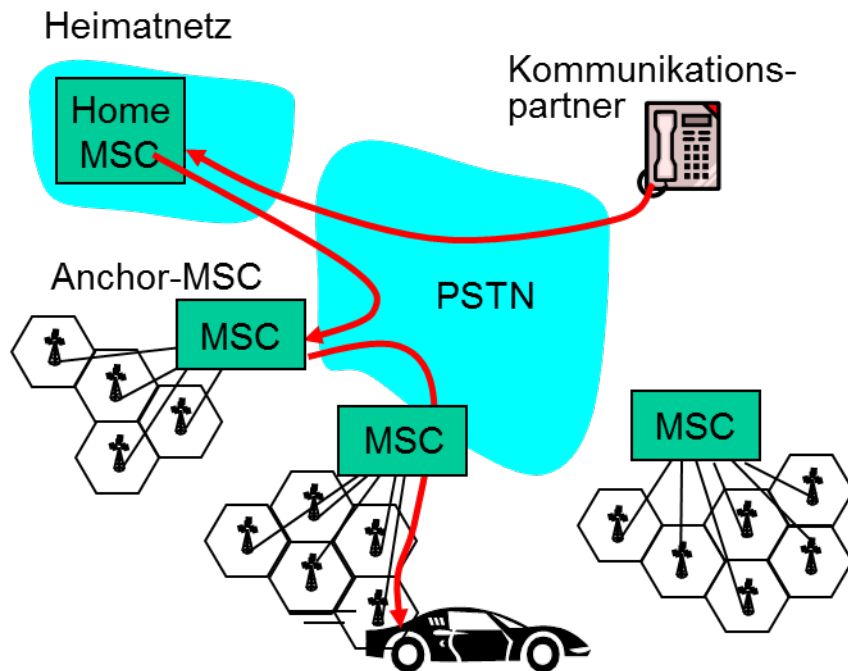
- Ziel des Handoff: Anruf über eine neue Basisstation routen (ohne Unterbrechung)
- Gründe für einen Handoff:
 - Stärkeres Signal zu/von neuer BSS (aufrechterhalten der Verbindung, längere Akkulebensdauer)
 - Lastverteilung: Kanal der aktuellen BSS freigeben
 - GSM schreibt nicht vor, wann und warum ein Handoff passieren sollte (Policy), nur wie (Mechanismus)
- Handoff wird von der alten BSS angestoßen

6.7 GSM – Handoff bei gleichem MSC



1. Alte BSS informiert MSC über anstehenden Handoff, Liste mit min. einer neuen BSS
2. MSC stellt den Pfad zur neuen BSS bereit (Ressourcenallokation)
3. Neue BSS reserviert einen Funkkanal für das Mobilgerät
4. Neue BSS signalisiert MSC und alter BSS die Bereitschaft zum Handoff
5. Die alte BSS fordert das Mobiltelefon auf, zur neuen BSS zu wechseln
6. Telefon und neue BSS verständigen sich, um den neuen Kanal zu aktivieren
7. Mobiltelefon signalisiert dem MSC über die neue BSS, dass der Handoff abgeschlossen ist; MSC routet den Anruf um
8. Ressourcen zwischen MSC und alter BSS werden freigegeben

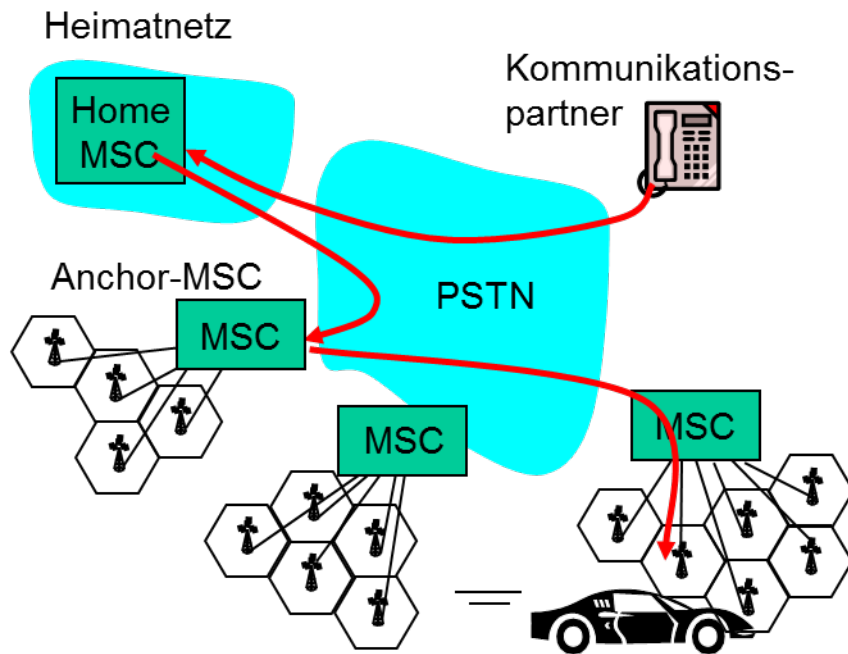
6.7 GSM – MSC-übergreifender Handoff



(a) vor dem Handoff

- **Anchor-MSC:** erstes während des Anrufs besuchtes MSC
 - Anruf wird nach dem Aufbau permanent durch das Anchor-MSC geroutet
 - bei MSC-Wechseln wird der Anruf vom Anchor-MSC zum jeweils aktuellen MSC durchgeroutet

6.7 GSM – MSC-übergreifender Handoff



(b) nach dem Handoff

- **Anchor-MSC:** erstes während des Anrufs besuchtes MSC
 - Anruf wird nach dem Aufbau permanent durch das Anchor-MSC geroutet
 - bei MSC-Wechseln wird der Anruf vom Anchor-MSC zum jeweils aktuellen MSC durchgeroutet

6.7 Mobilität – GSM versus Mobile IP

GSM-Element	Kommentar (bezogen auf GSM)	Mobile-IP-Element
Heimatsystem	Netzwerk, zu dem die permanente Telefonnummer des Benutzers gehört	Heimatnetz
Gateway Mobile Switching Center oder "Heimat-MSC". Home Location Register (HLR)	Heimat-MSC: Kontaktstelle zum Erfragen einer routebaren Adresse des Mobilbenutzers. HLR: Datenbank im Heimatsystem mit permanenter Telefonnummer, Profildaten, akt. Aufenthaltsort, Vertragsinformationen	Home Agent
Besuchtes System	Fremdes Netz, in dem sich der Benutzer gerade aufhält	Besuchtes Netzwerk
Besuchtes MSC. Visitor Location Record (VLR)	Besuchtes MSC: verantwortlich für den Rufaufbau zu/von Mobilknoten in Zellen dieses MSC. VLR: temporärer Datenbankeintrag im besuchten System mit Vertragsdaten jedes besuchenden Benutzers	Foreign Agent
Mobile Station Roaming Number (MSRN), oder "Roaming-Nummer"	Routebare Adresse für den Anrufabschnitt zwischen Heimat-MSC und besuchtem MSC; sichtbar weder für das Mobiltelefon noch für den Kommunikationspartner.	Care-of-Adresse

Kapitel 6 - Drahtlose und mobile Netze

6.1 Einführung

6.2 Eigenschaften drahtloser Links

6.3 IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN, Wi-Fi)

6.4 Zellulare Mobilfunknetze

6.5 Prinzipien: Adressierung von mobilen Benutzern, Routing zu mobilen Benutzern

6.6 Mobile IP

6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

6.8 Funkkommunikation und Mobilität – Einfluss auf höhere Schichten

Eigentlich *sollte* der Einfluss minimal sein...

- Best-Effort-Dienstmodell bleibt unverändert
- TCP und UDP funktionieren prinzipiell (und praktisch) über drahtlose und mobile Netze

...aber aus Sicht der Performance:

- Paketverlust und –verzögerung aufgrund von Bitfehlern (verworfenen Pakete, Verzögerungen aufgrund von Sicherungsschicht-Übertragungswiederholungen) und Handoffs
- TCP interpretiert Verluste als Überlast und verringert unnötigerweise die Fenstergröße
- Verzögerungen beeinflussen Echtzeitanwendungen
- beschränkte Bandbreite der Links