

# Netzwerktechnologien 3 VO

Dr. Ivan Gojmerac

[ivan.gojmerac@univie.ac.at](mailto:ivan.gojmerac@univie.ac.at)

**11. Vorlesungseinheit, 11. Juni 2013**

Bachelorstudium Medieninformatik  
SS 2013

# 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

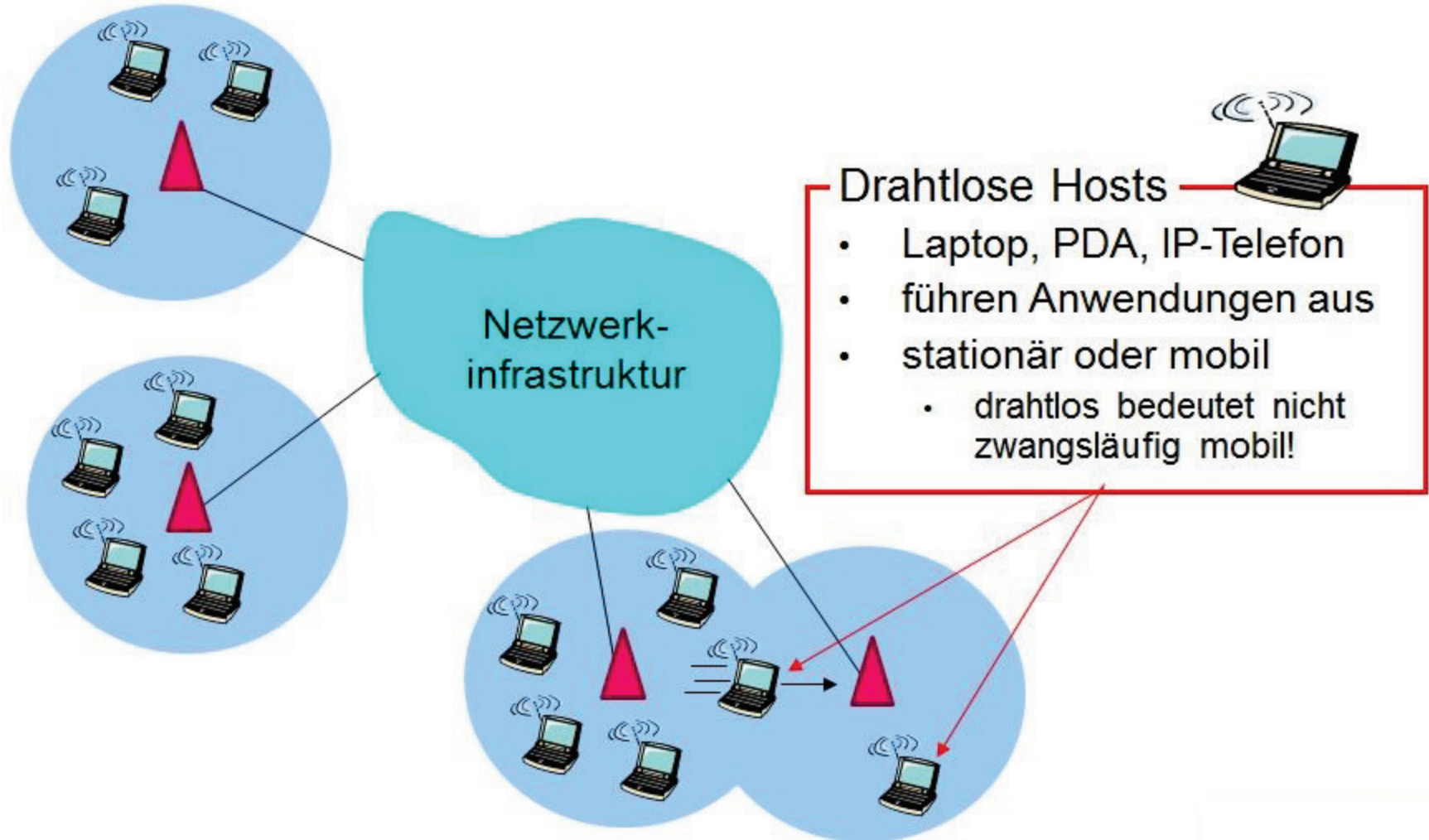
6.6 Mobile IP

6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

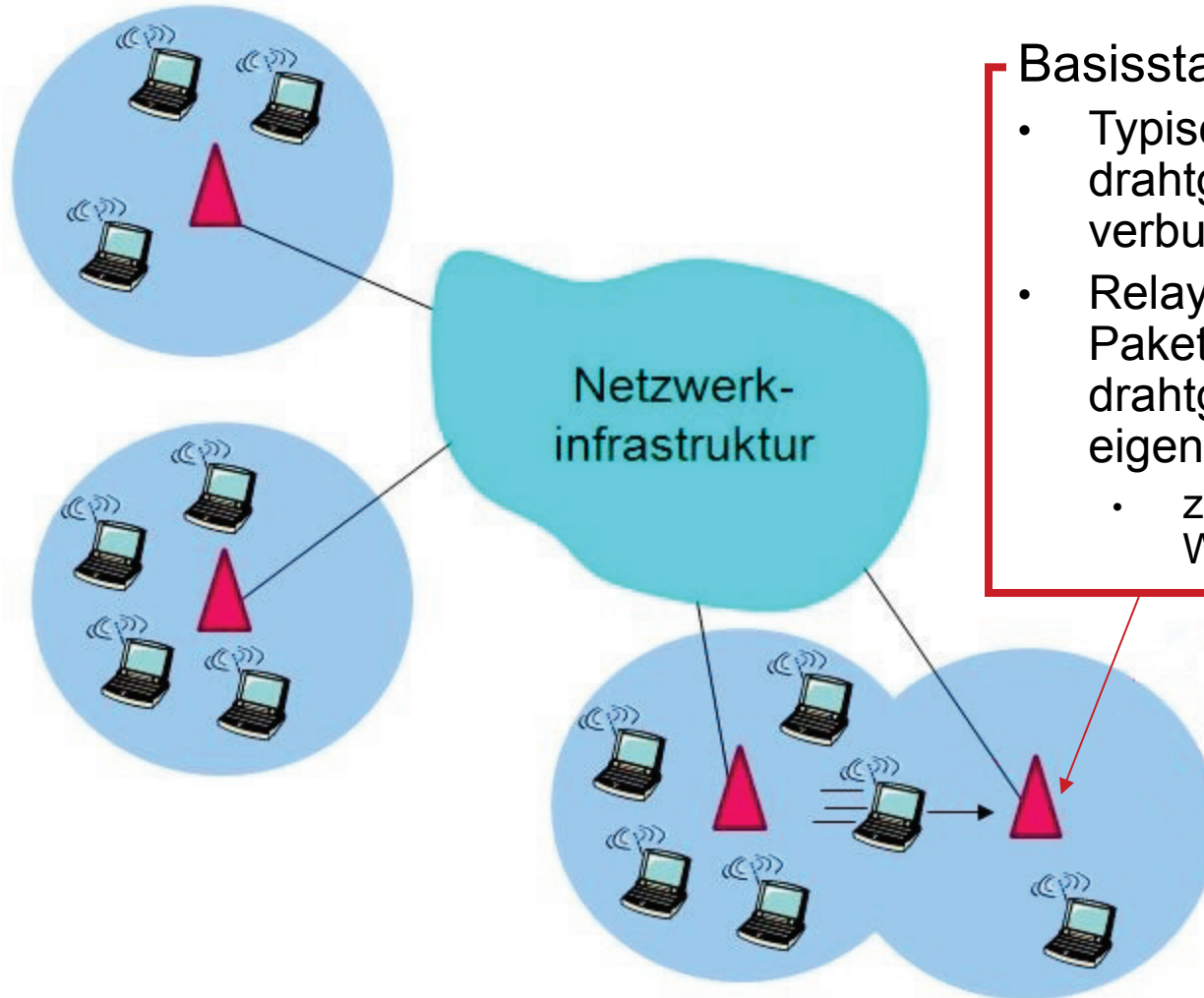
6.8 Einfluss von Mobilität auf die Protokolle höherer Schichten

# 6.1 Einführung

## 6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks



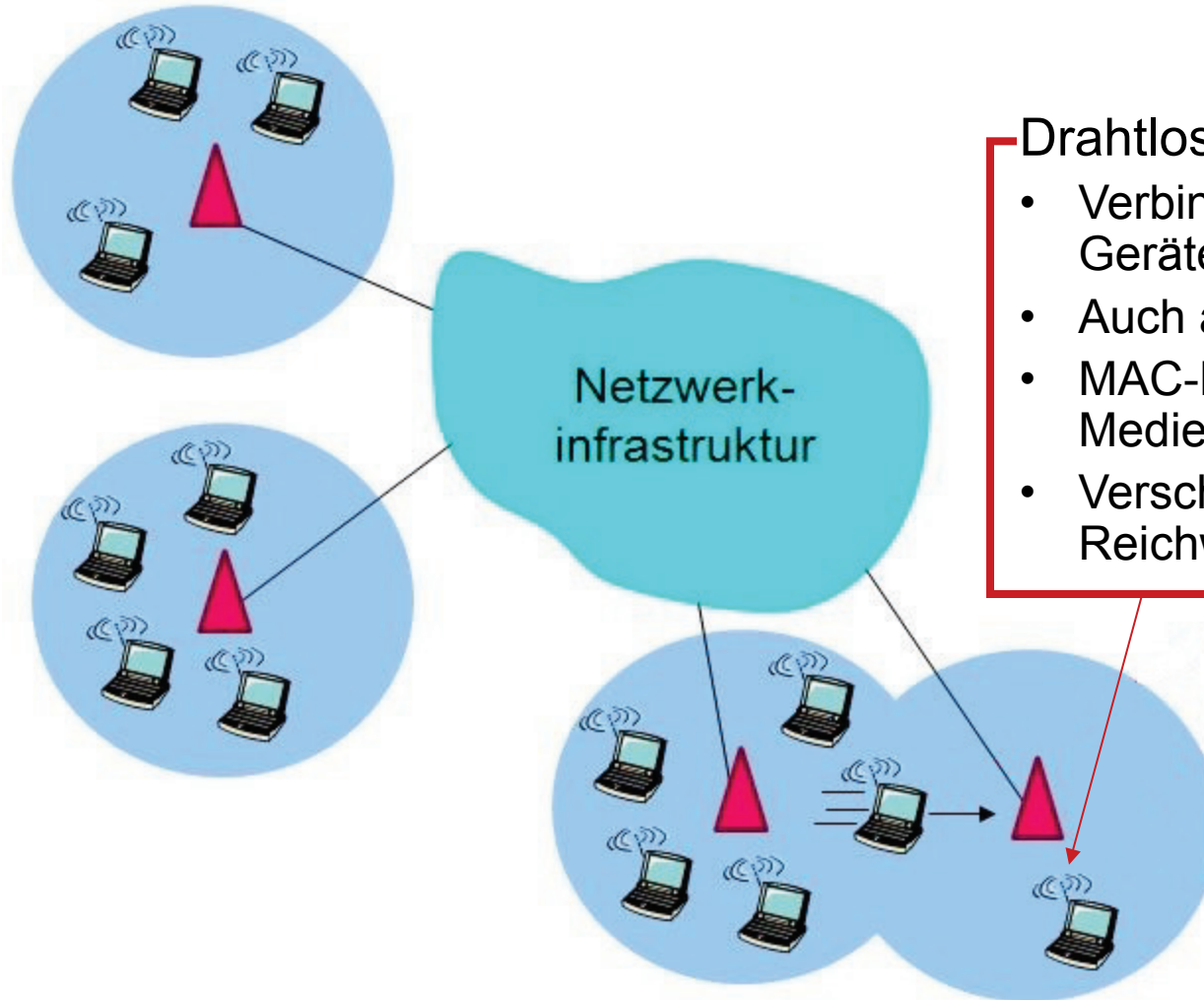
## 6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks



### 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

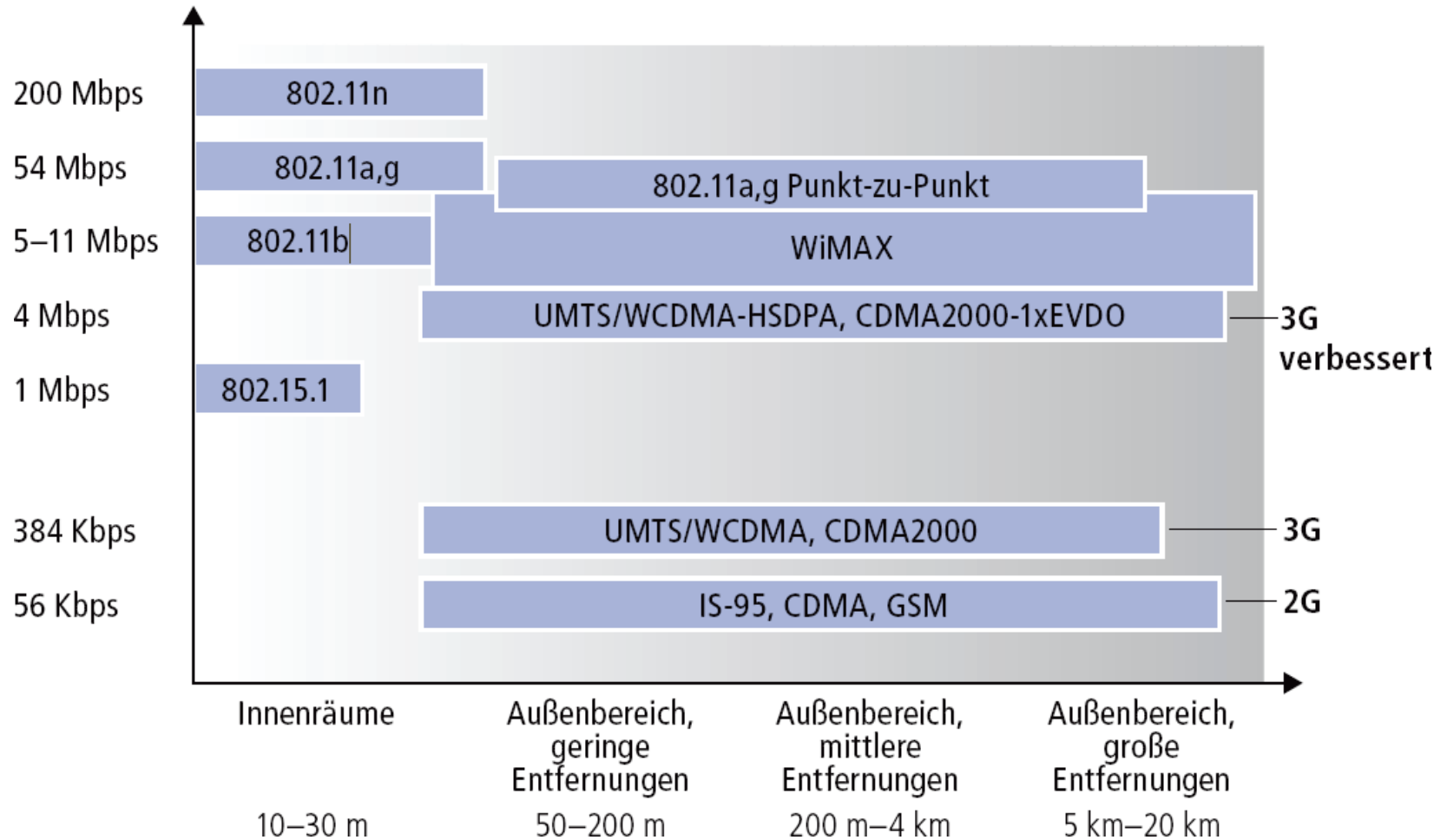
## 6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks



### Drahtlose Links

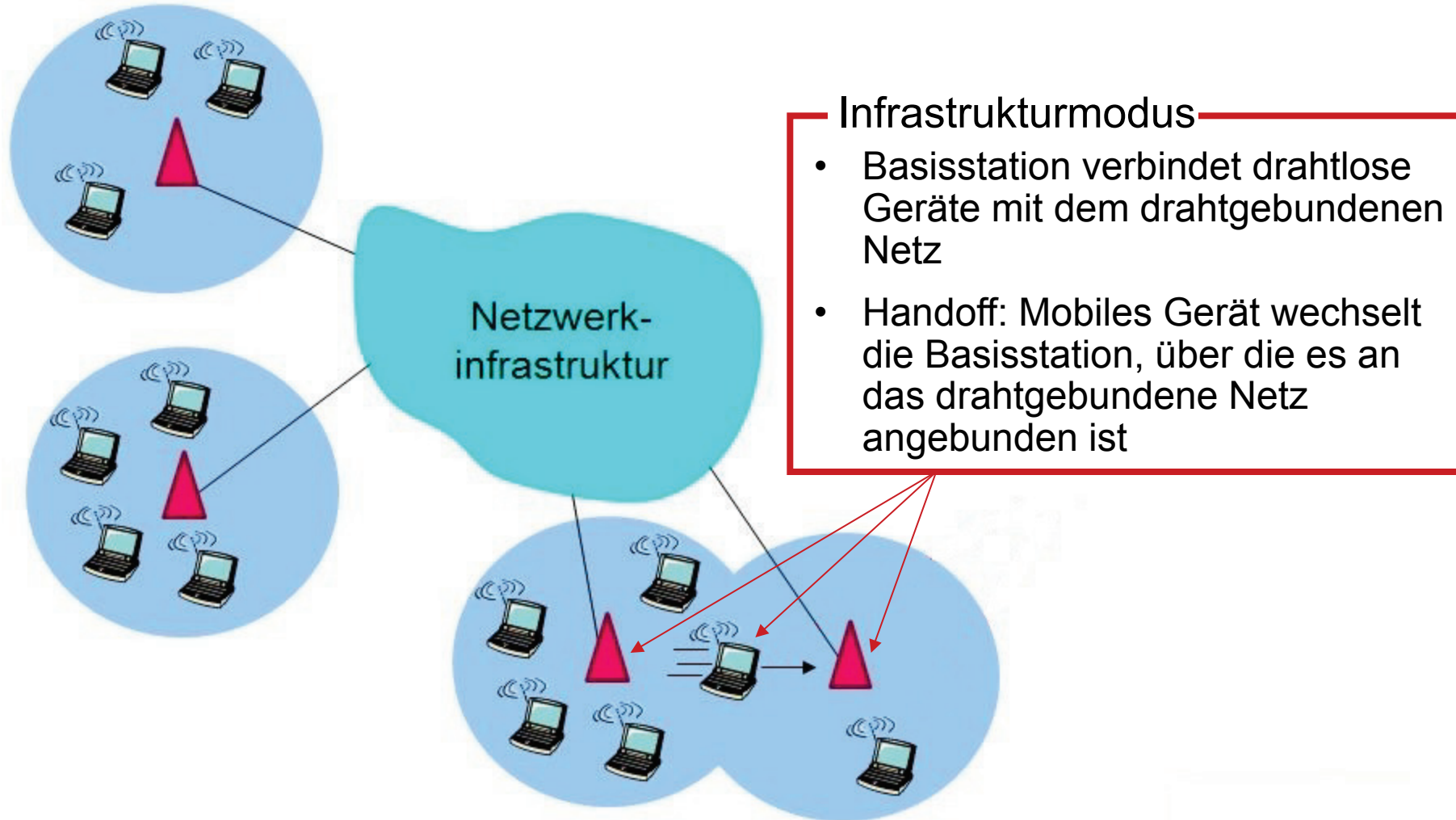
- Verbinden üblicherweise mobile Geräte mit einer Basisstation
- Auch als Backbone-Link
- MAC-Protokoll koordiniert den Medienzugriff
- Verschiedene Datenraten und Reichweiten

# 6.1 Charakteristika ausgewählter drahtloser Kommunikationstechnologien



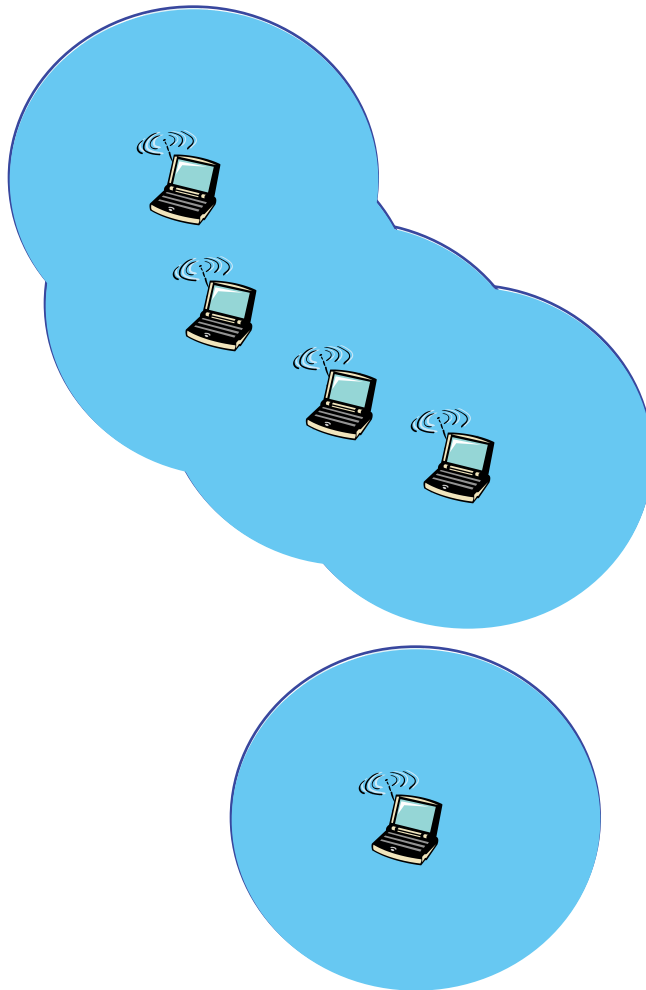


## 6.1 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks





## 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

## 6.2 Eigenschaften drahtloser Links

## 6.2 Bestandteile eines drahtlosen Netzwerks

|                             | Single-Hop  | Multihop  |
|-----------------------------|---|---|
| Infrastruktur<br>(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

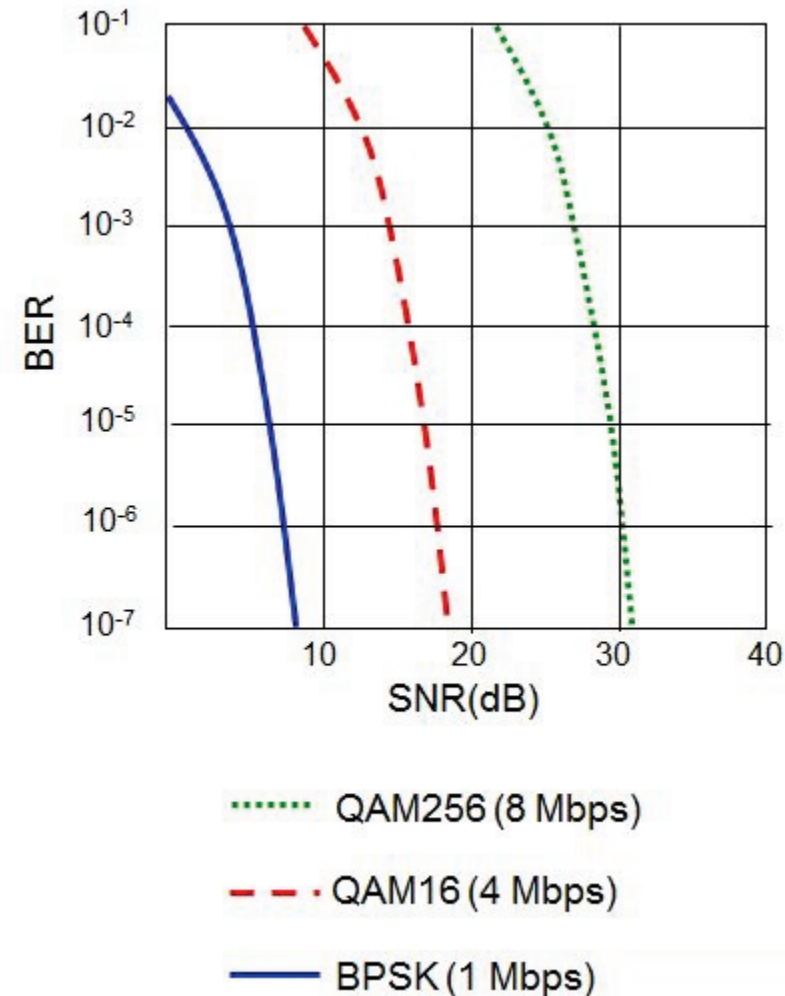
Unterschiede zu drahtgebundenen Links:

- **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.

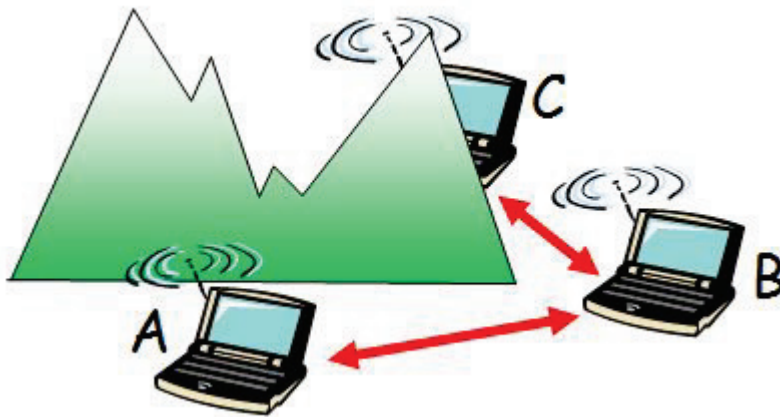
## 6.2 Charakteristika drahtloser Links

- SNR: Signal-to-Noise-Ratio  
(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

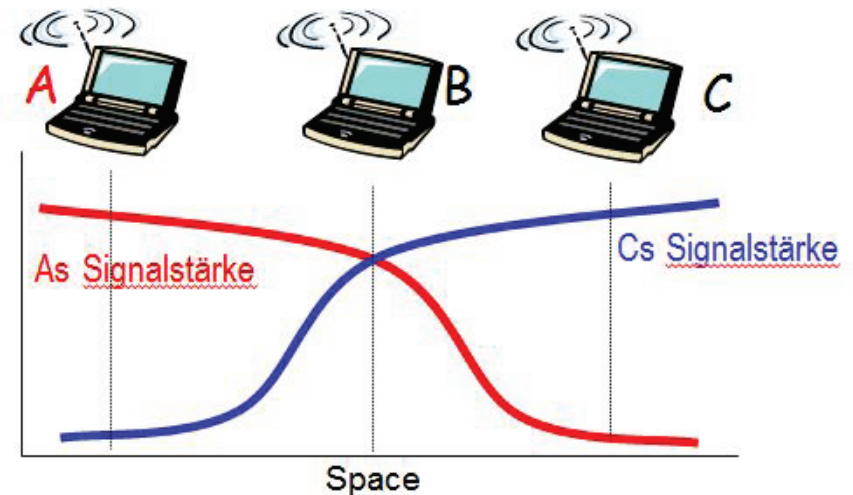
Anwesenheit mehrerer drahtloser Sender und Empfänger schafft zusätzliche Probleme (über das Mehrfachzugriffsproblem hinaus):



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:

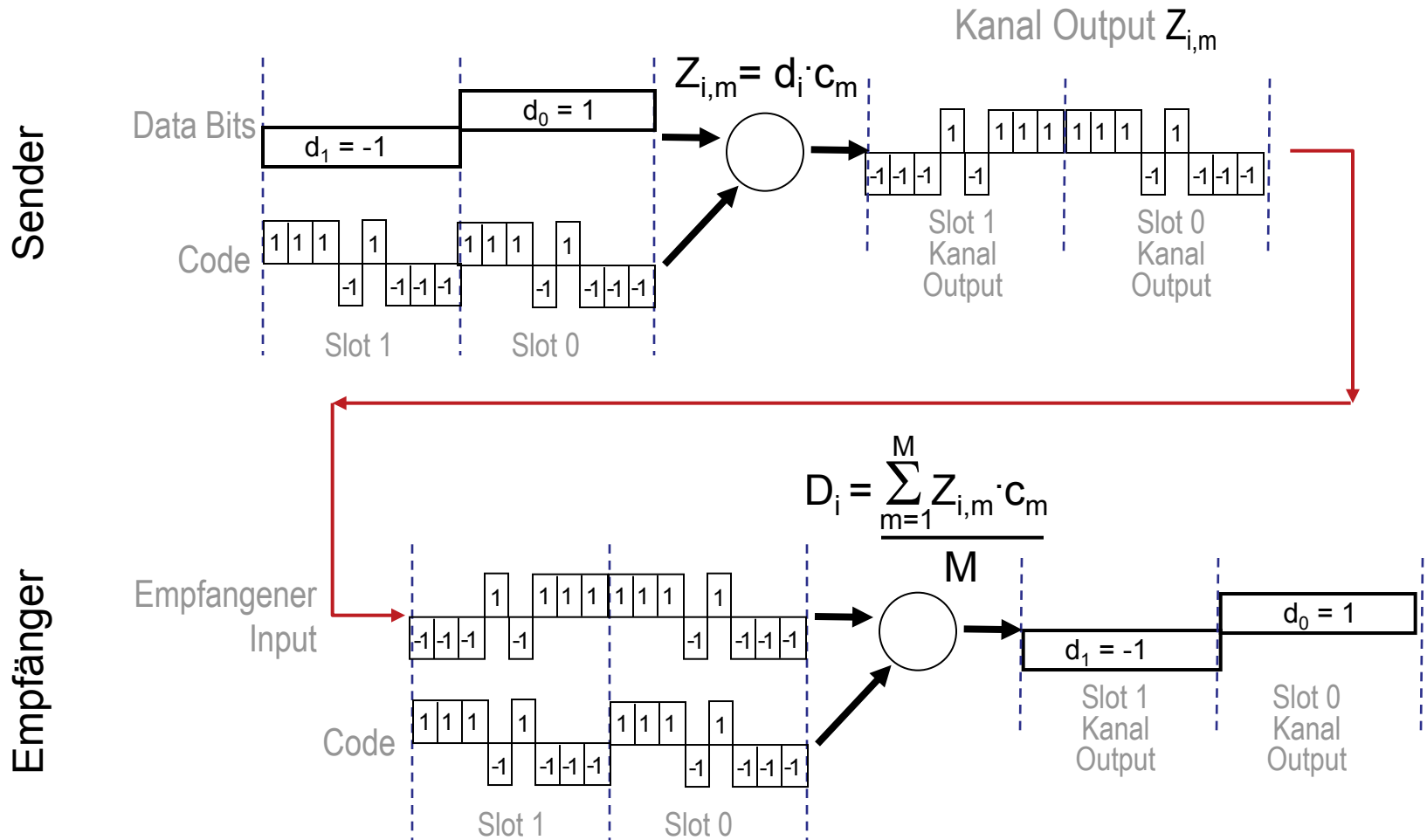
- B und A hören einander
- B und C hören einander
- A und C hören nicht, dass ihre Übertragungen bei B interferieren



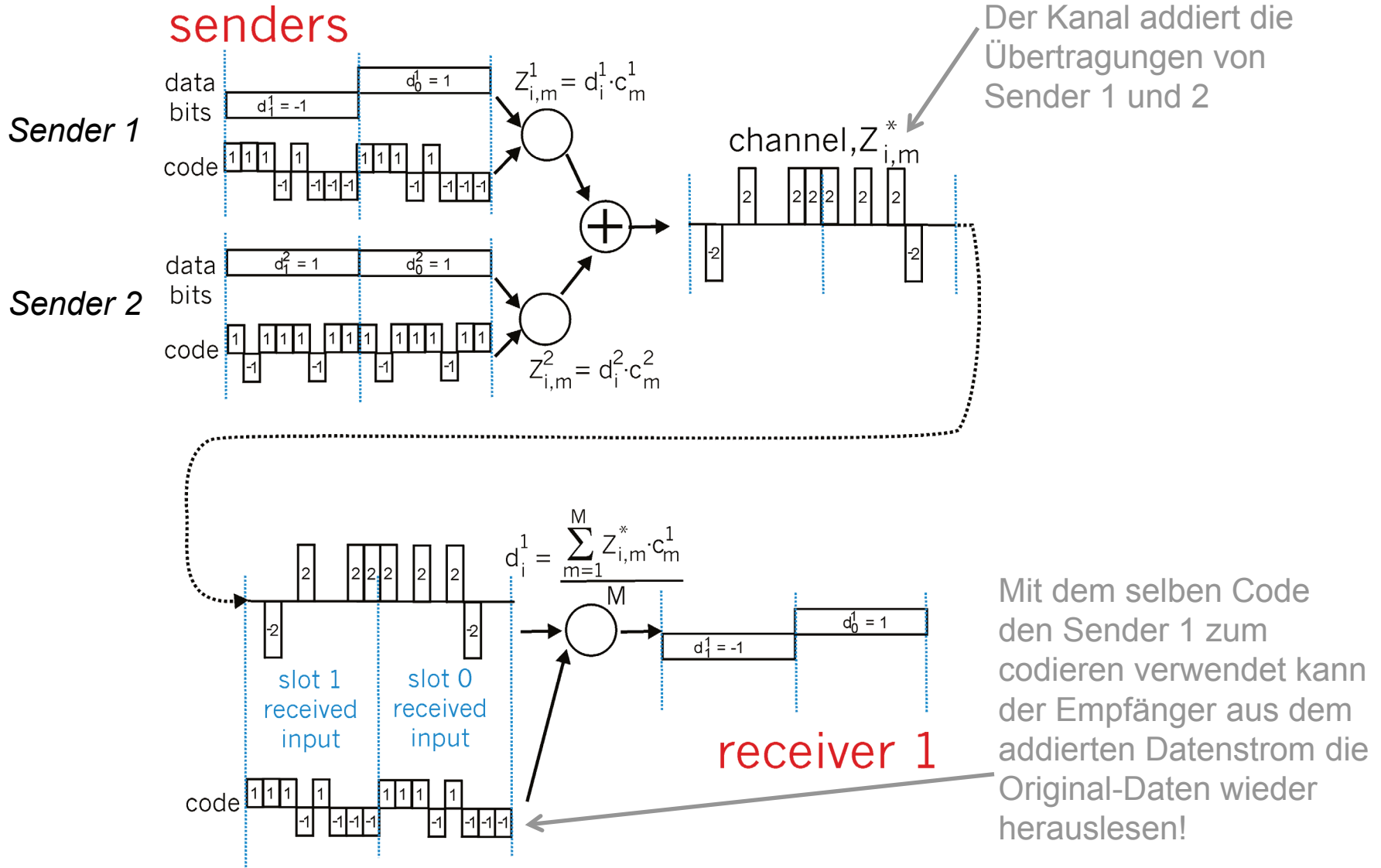
## 6.2 Code Division Multiple Access (CDMA)

- Jedem User wird ein eigener Teil des "Codes" zugewiesen
  - Alle User verwenden den selben Frequenzbereich, aber jeder User hat seinen eigenen Spreizcode um seine Daten zu codieren (und damit von den restlichen Datenströmen zu unterscheiden)
  - Erlaubt es mehreren Usern **im selben Frequenzband** bei minimaler Interferenz **gleichzeitig Daten zu übertragen**
- **Codiertes Signal** = (Original-Daten) X (Spreizcode)
- **Decodieren**: Inneres Produkt aus dem codierten Signal und dem Spreizcode

# 6.2 CDMA – Codieren/Decodieren



# 6.2 CDMA – Interferenz bei zwei Sendern



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

## 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

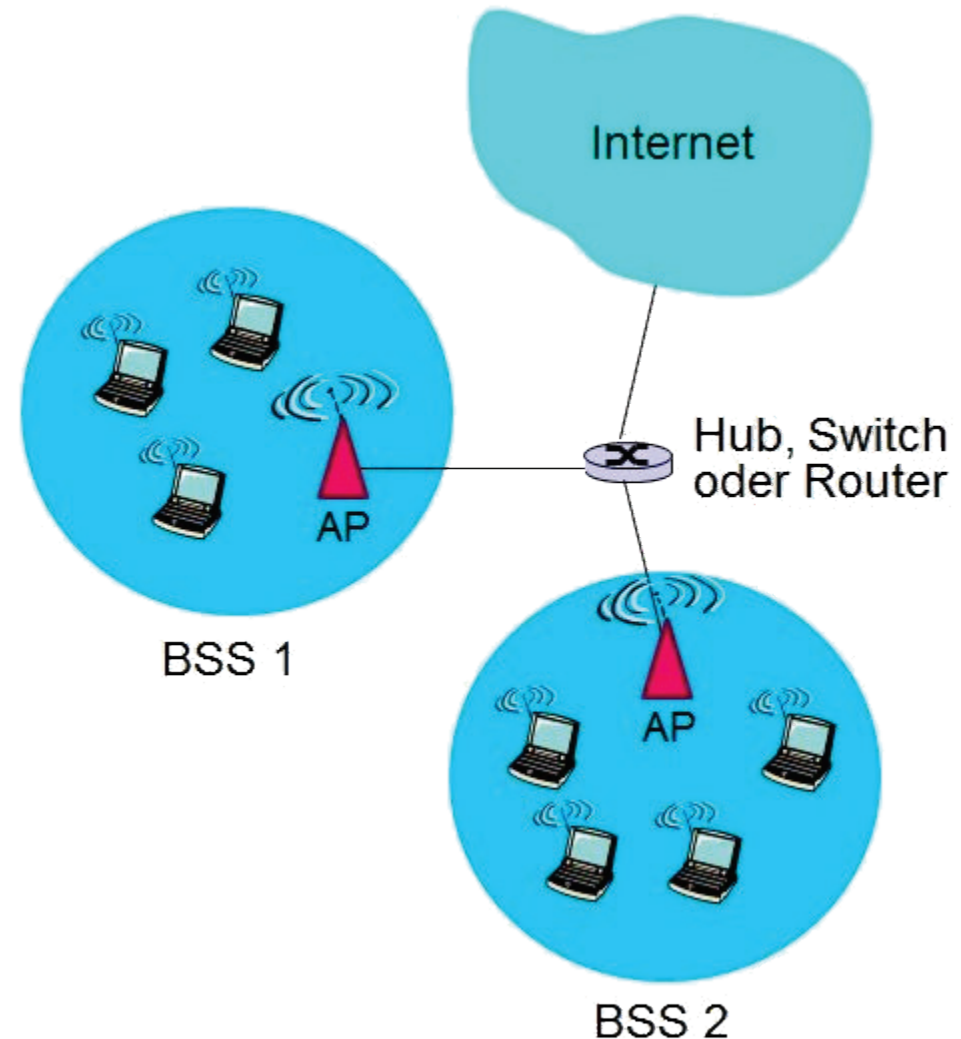
---

→ 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

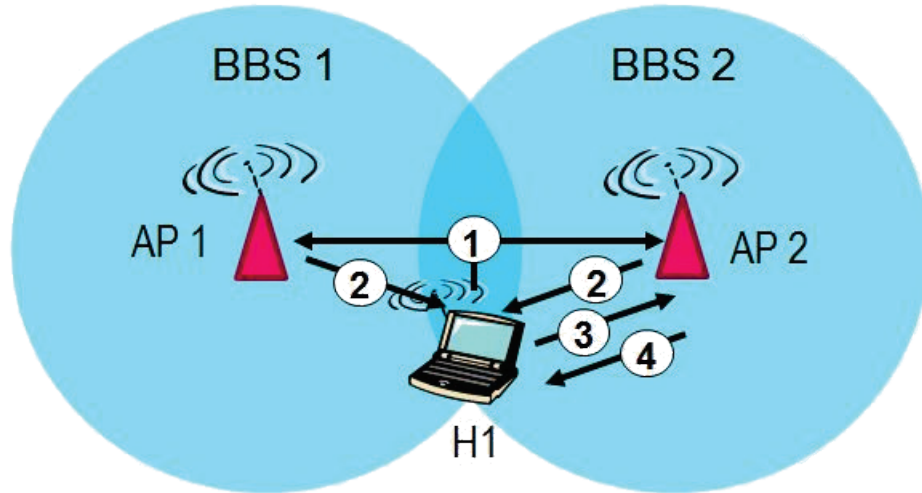
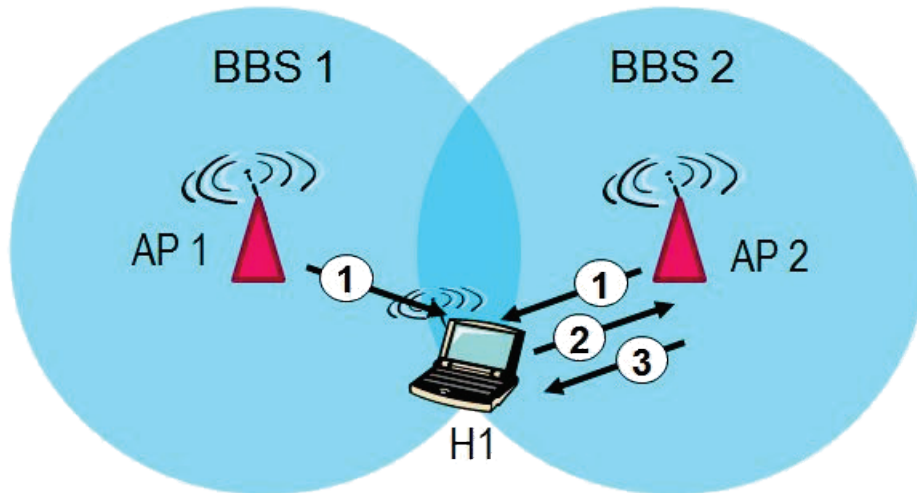




## 6.3 802.11 - Kanäle, Assoziation

- 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: [inSSIDer](#)
- Host: Muss sich mit einem AP **assoziiieren**
  - Scannt die Kanäle und sucht **Beacon-Frames**, 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:

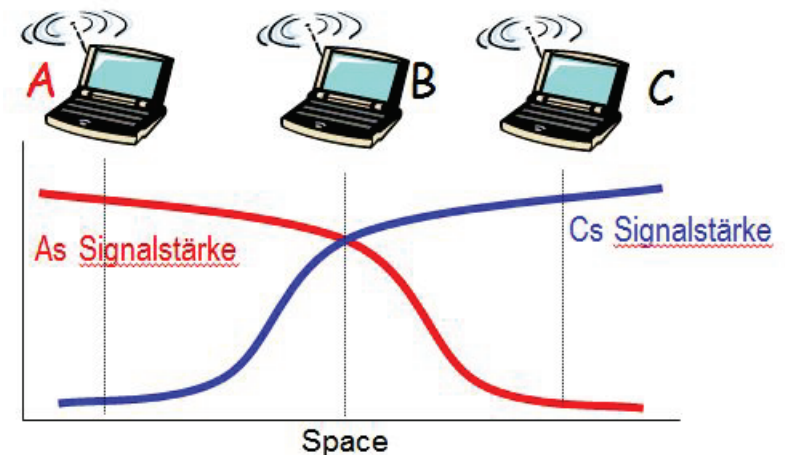
- (1) Beacon-Frames werden von den APs gesendet
- (2) Association-Request-Frame von H1 an den gewählten AP
- (3) AP antwortet mit Association-Response-Frame

### Aktives Scannen:

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

## 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)



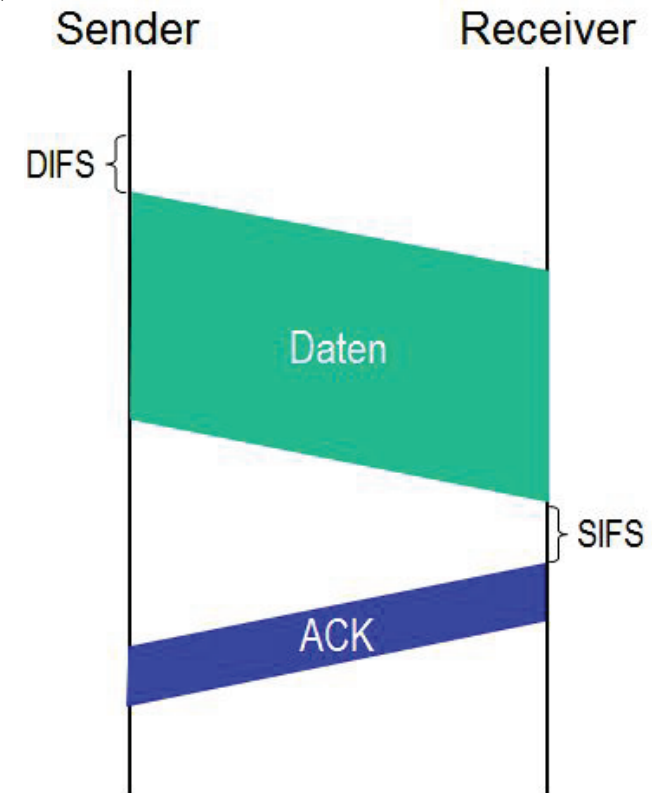
## 6.3 IEEE 802.11 MAC: CSMA/CA

### 802.11-Sender

- 1 Wenn der Kanal für die Dauer DIFS (Distributed Coordination Function Interframe Spacing) frei ist, sende den gesamten Frame.
- 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 Frame 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 Frame 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).



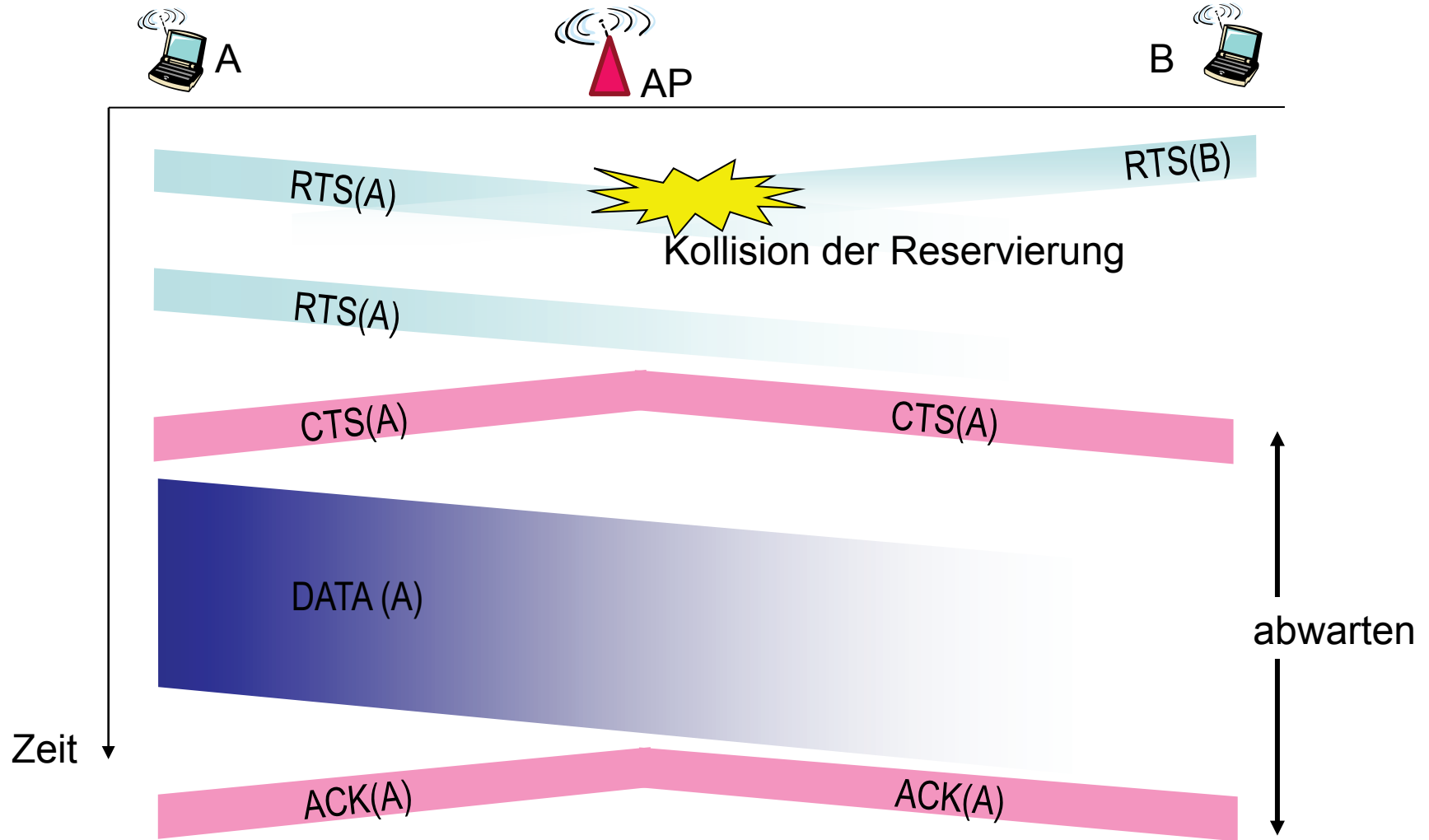
## 6.3 Kollisionsvermeidung

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

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

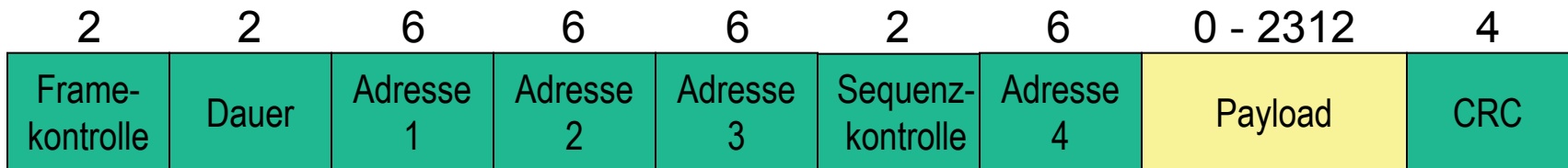
→ Vermeidet Kollisionen von Daten-Frames mittels kleiner Kontrollpakete!

# 6.3 Kollisionsvermeidung RTS/CTS





## 6.3 802.11-Frames - Adressierung



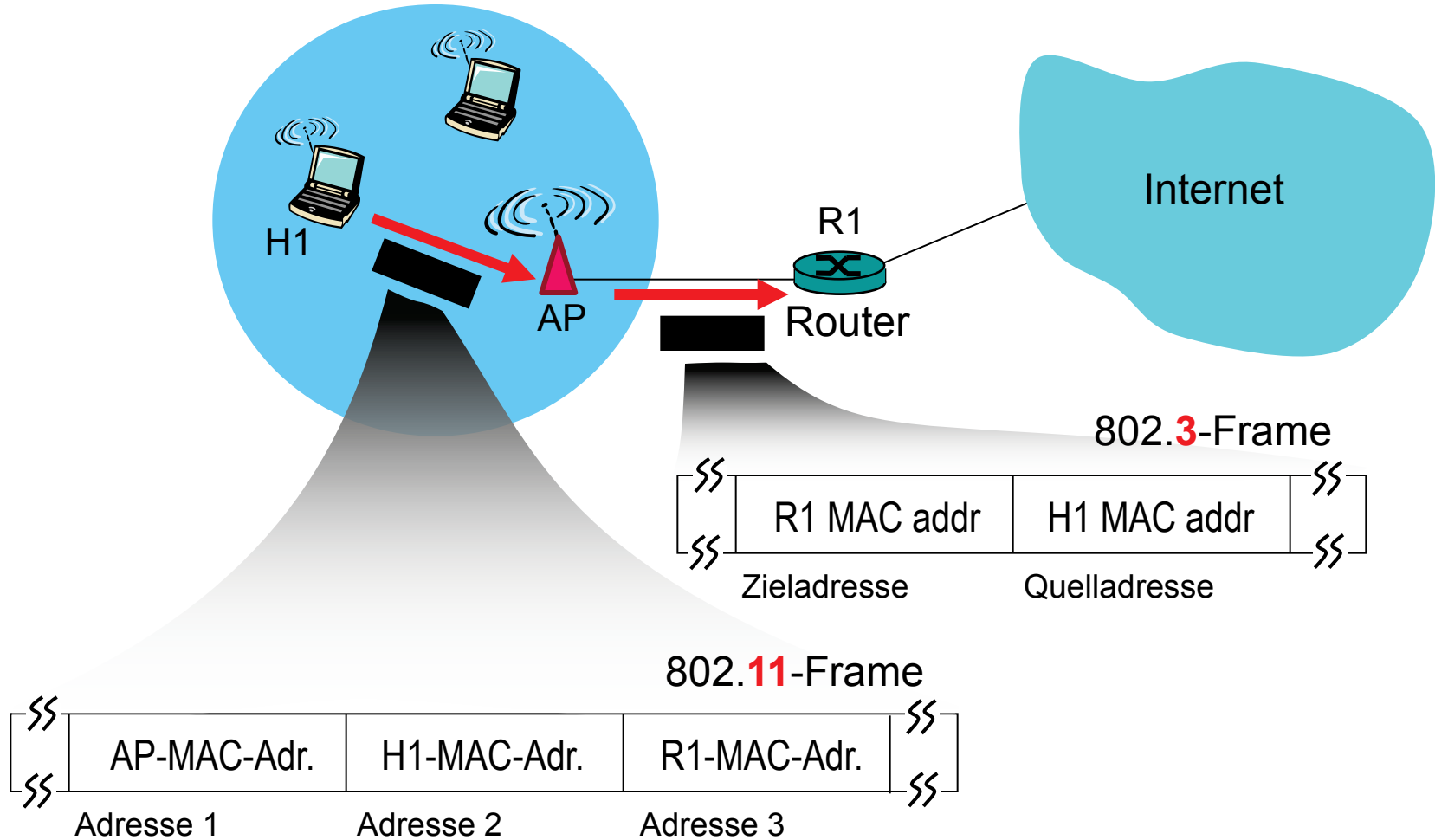
**Adresse 1:** MAC-Adresse des drahtlosen Hosts oder APs, der diesen Frame empfängt

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

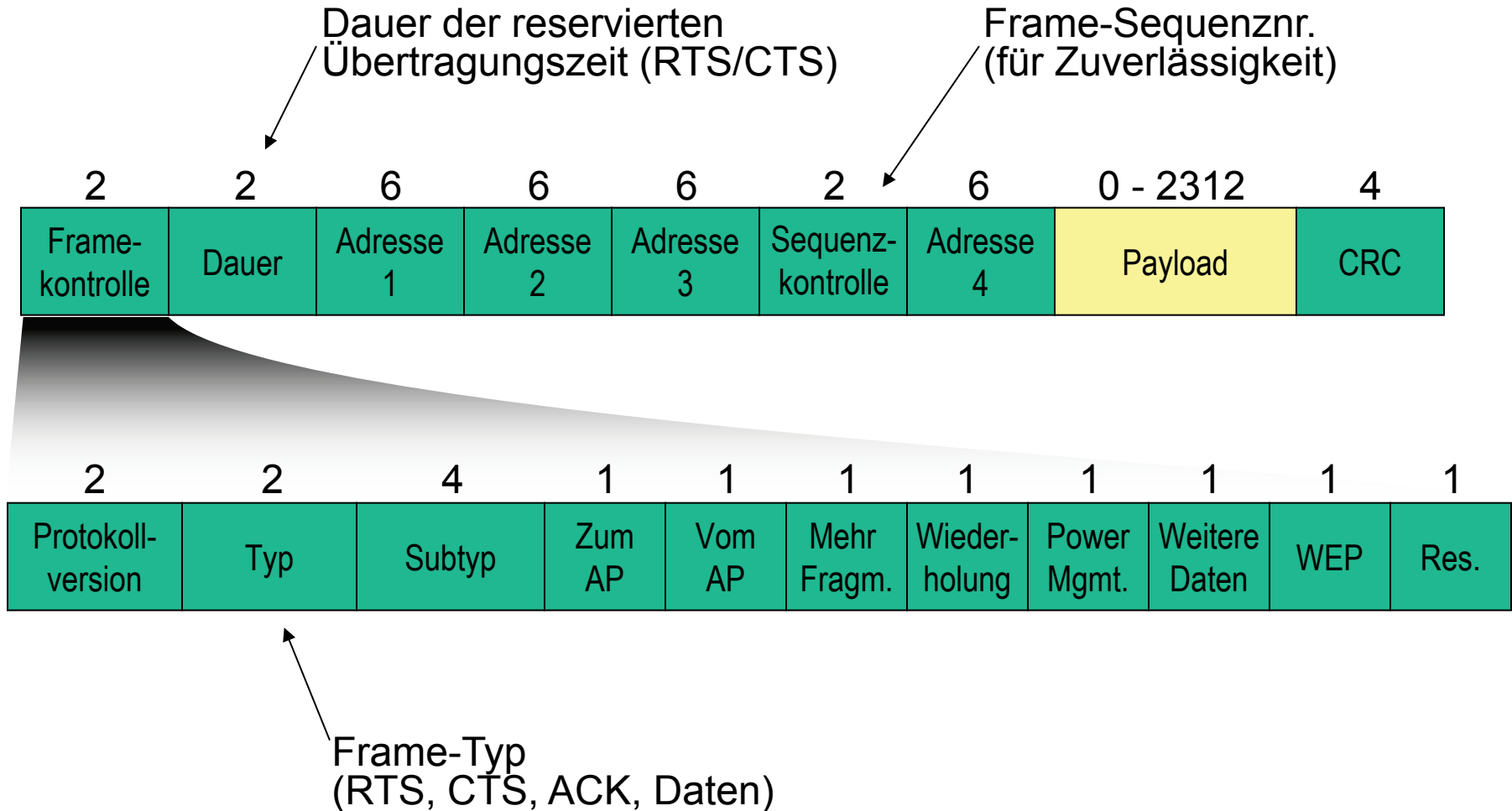
**Adresse 2:** MAC-Adresse des drahtlosen Hosts oder APs, der diesen Frame sendet

**Adresse 4:** Nur im Ad-Hoc-Modus verwendet

# 6.3 802.11-Frames - Adressierung

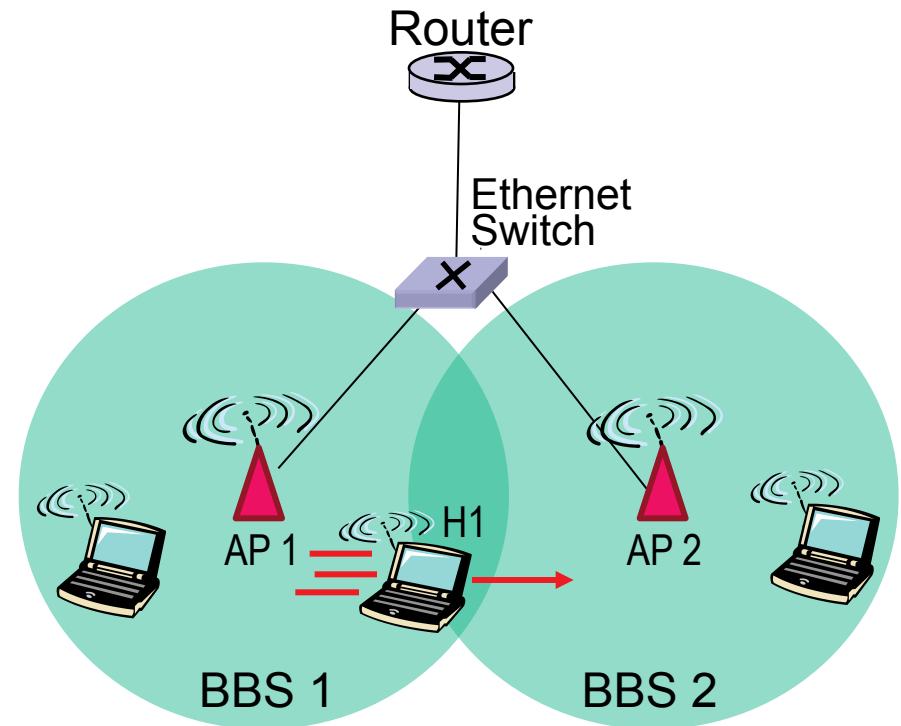


# 6.3 802.11-Frames



## 6.3 802.11 - Mobilität im selben Subnetz

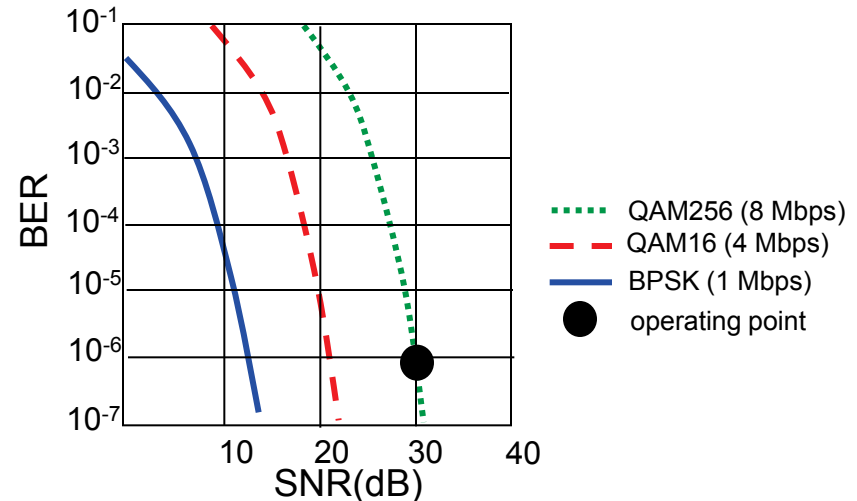
- AP1 und AP2 sind zwei Access Points im selben Subnetz und sie haben identische SSIDs (Service Set Identifiers = Netznamen)
- H1 wechselt von AP1 zu AP2
  - H1 bleibt im selben Subnetz, seine IP-Adresse kann daher gleich bleiben
- Wie lernt der Switch, mit welchem AP H1 assoziiert ist?
  - **Selbstlernend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

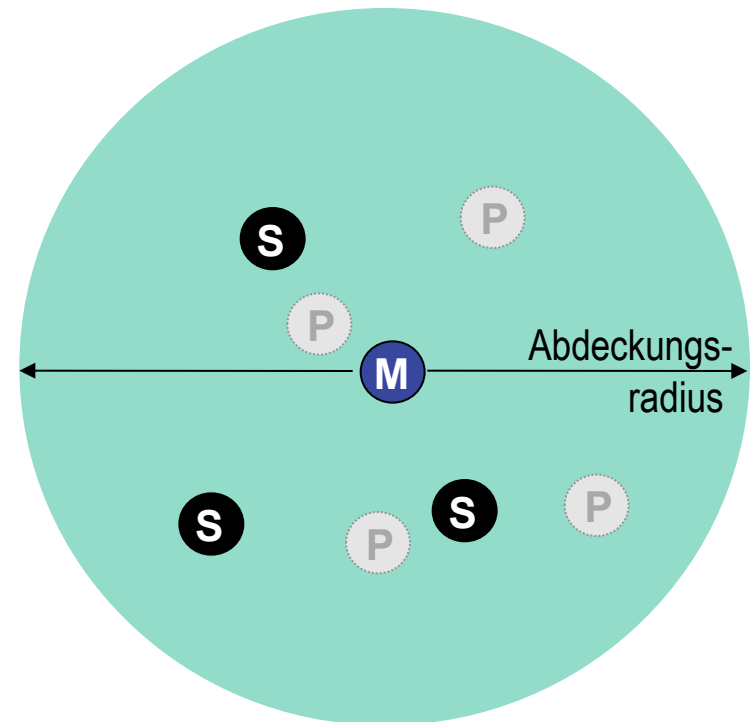
### Power Management

- Knoten an AP: “Ich gehe jetzt bis zum nächsten Beacon schlafen”
  - AP weiß, dass er an diesen Knoten jetzt keine Frames übertragen kann
  - Knoten wacht vor dem nächsten Beacon auf
- Beacon-Frame: Enthält eine Liste der Knoten, für die Frames zur Übertragung anstehen
  - Knoten bleibt wach, wenn Frames 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)



## 6.4 Zellulare Mobilfunknetze

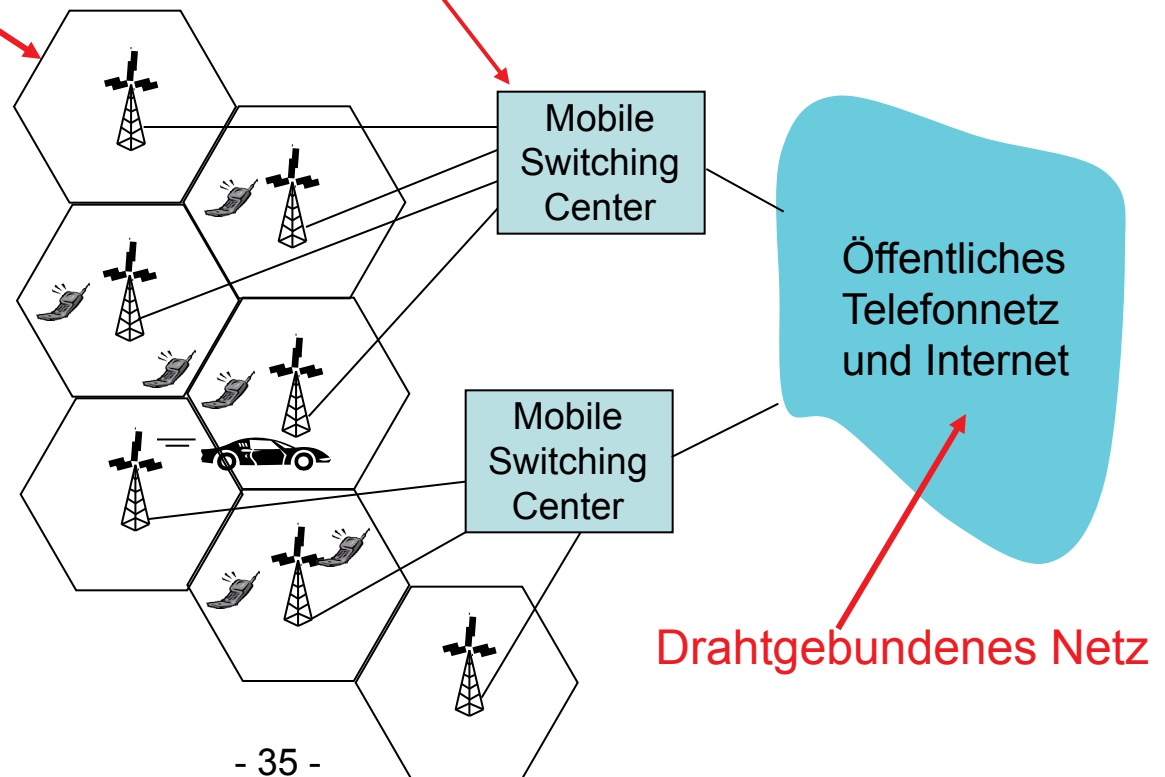
## 6.4 Bestandteile einer zellularen Netzarchitektur

### 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

### MSC

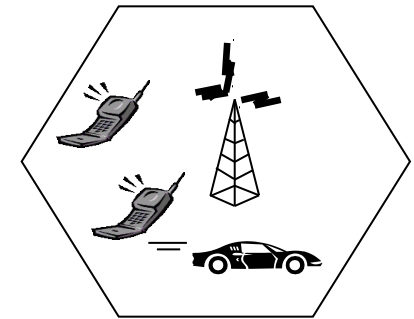
- Verbindet die Zellen mit dem WAN
- Verwaltet den Verbindungsaufbau (später mehr)
- Verwaltet Mobilität (später mehr)



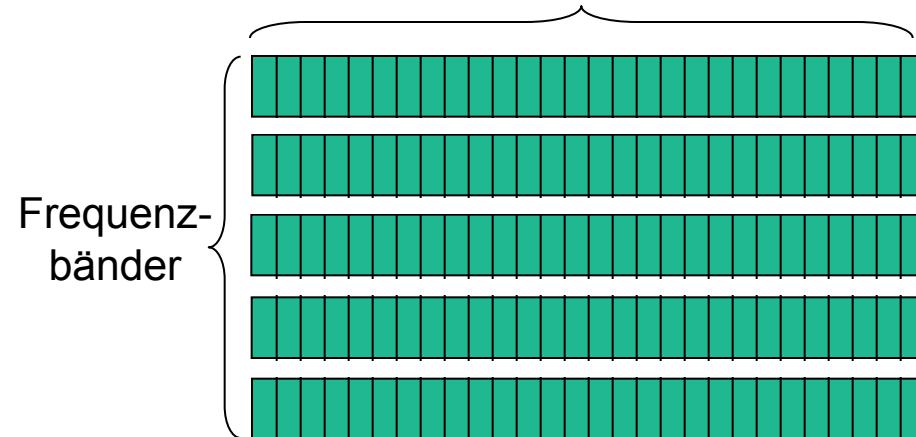
## 6.4 Zellulare Netze – Der erste Hop

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



Zeitschlitz



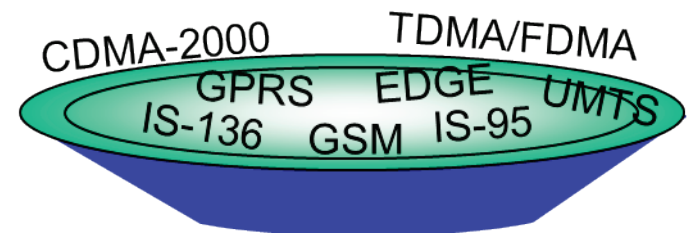
## 6.4 Überblick über zellulare Standards

### 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

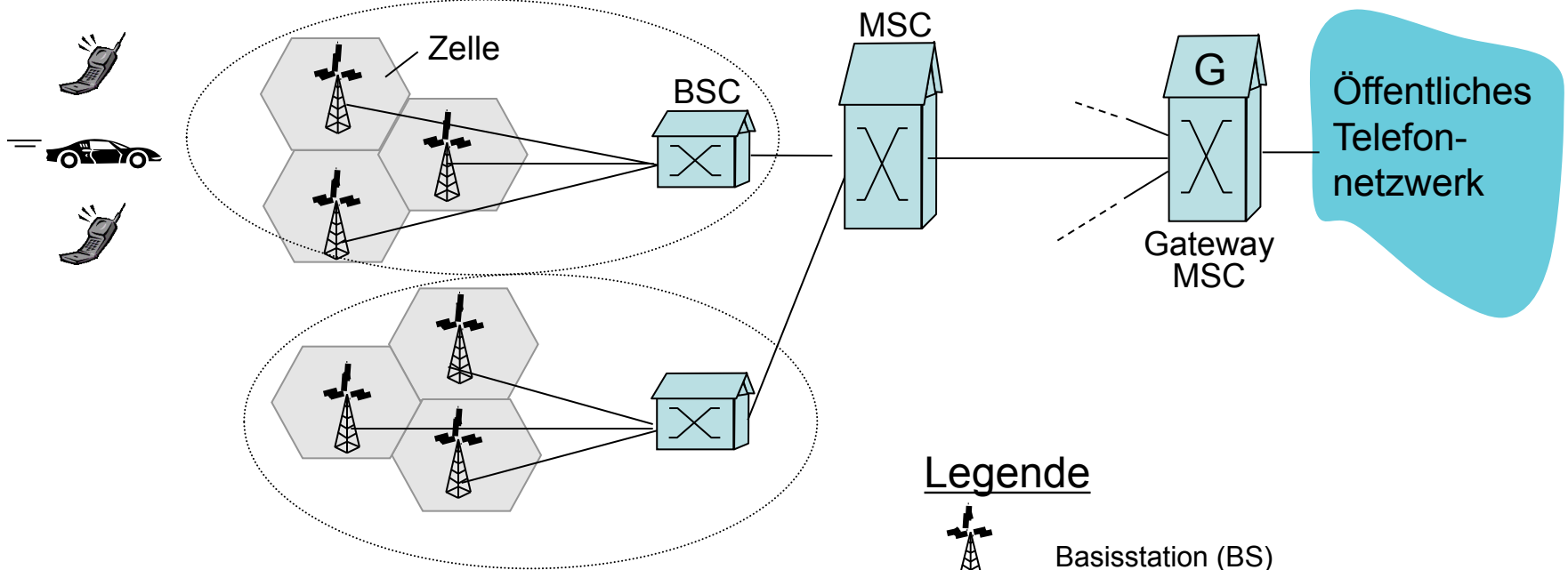
- Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS)
  - Datendienst: High Speed Uplink/Downlink Packet Access (HSDPA/HSUPA)
    - Bis zu 42 Mbit/s im Downlink schon im Einsatz, mit Aussicht auf noch höhere Datenraten in den nächsten Jahren
- CDMA-2000: CDMA in TDMA-Zeitslots
  - Datendienst: 1x Evolution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

### Die nächste Systemgeneration:


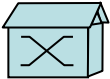
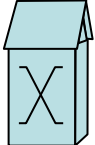

- LTE (Long Term Evolution)
  - Basierend auf OFDMA
  - Noch viel höhere Datenraten als HSDPA/HSUPA sowie geringere Latenzzeiten

# 6.4 2G (Sprach-)Netzwerk Architektur

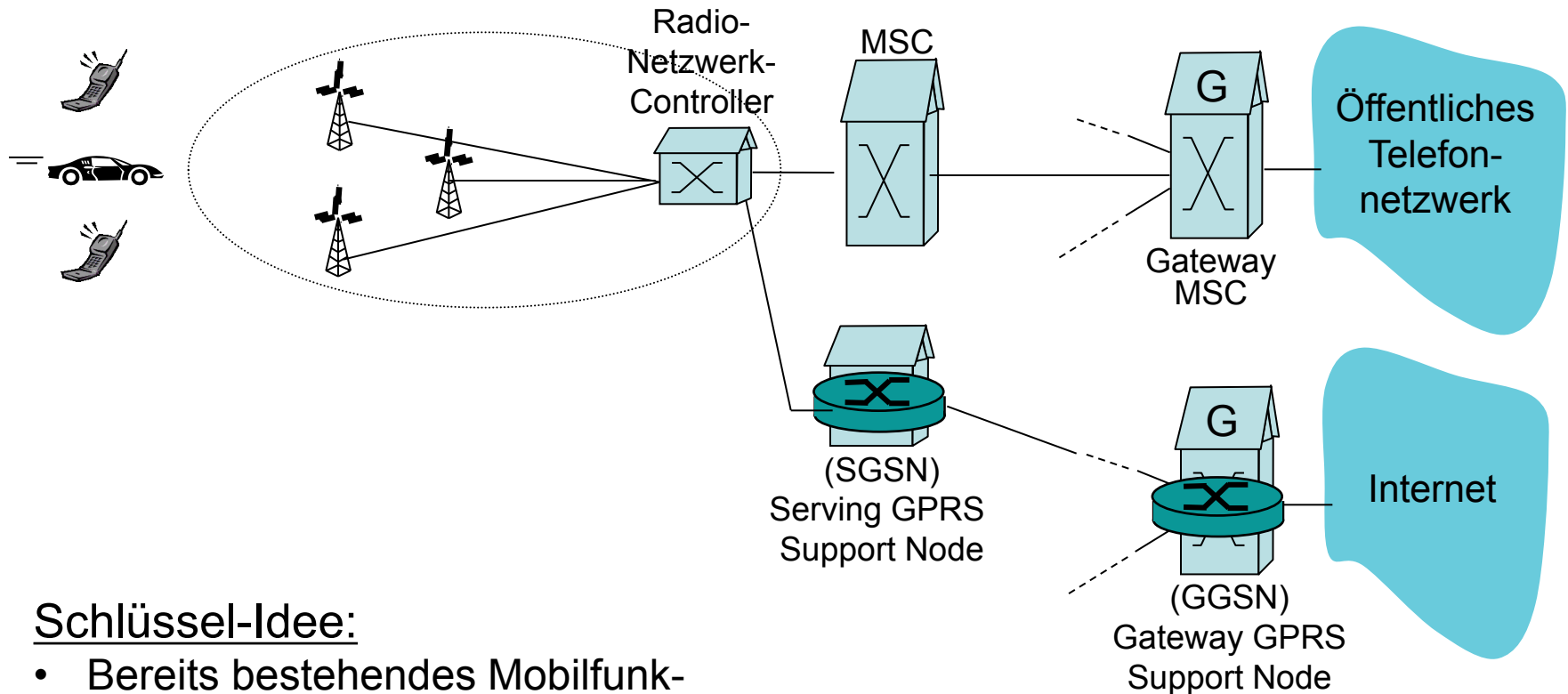
Basisstation-System (BSS)



## Legende

-  Basisstation (BS)
-  Basisstation-Controller (BSC)
-  Mobiles Switching-Center (MSC)
-  Mobile Benutzer

## 6.4 3G (Sprach- und Daten-)Netzwerk Architektur

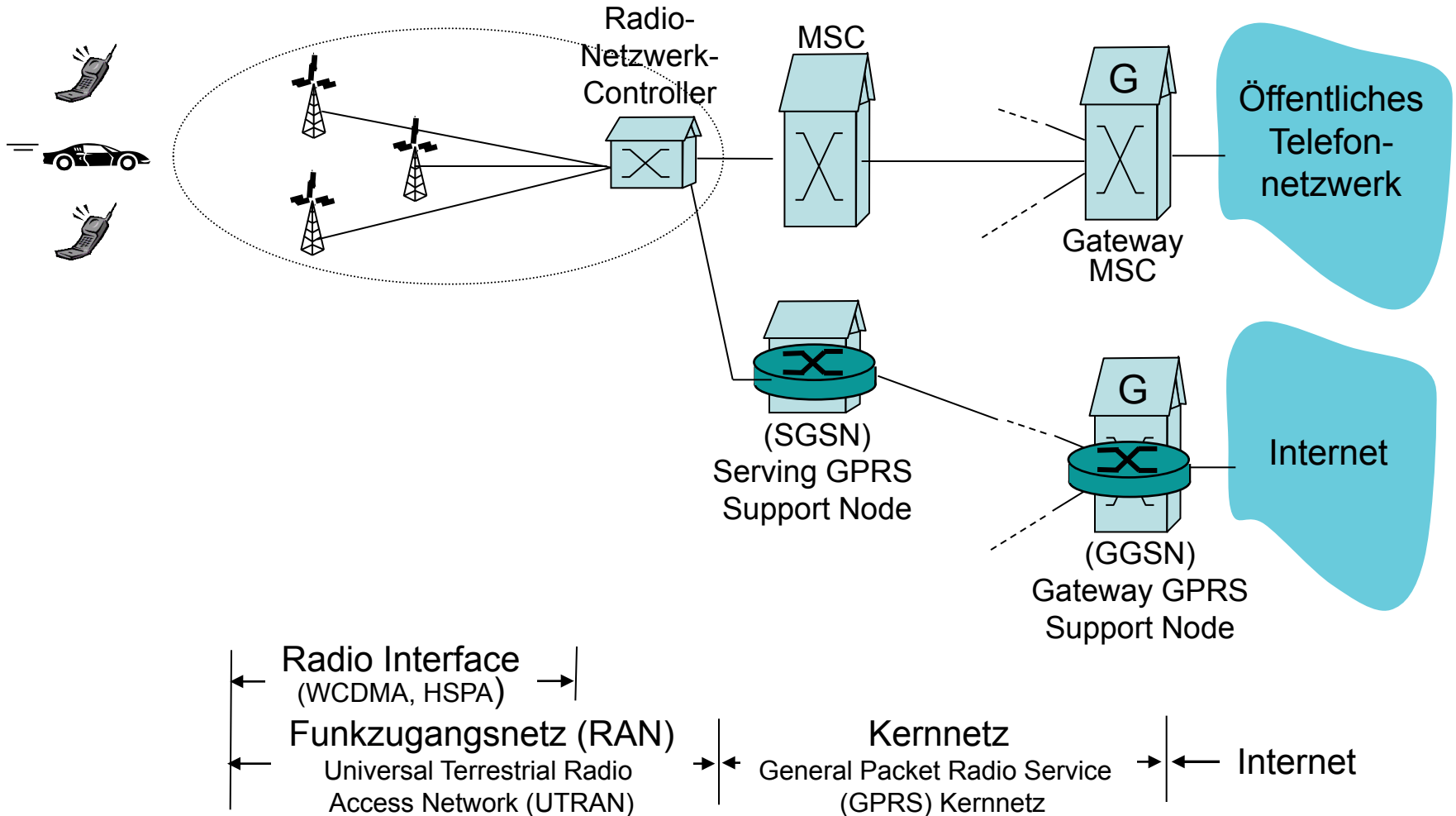


### Schlüssel-Idee:

- Bereits bestehendes Mobilfunk-Sprachnetzwerk bleibt im Kern unverändert
- Mobilfunk-Datennetzwerk läuft parallel dazu (außer am Rand des Netzes)



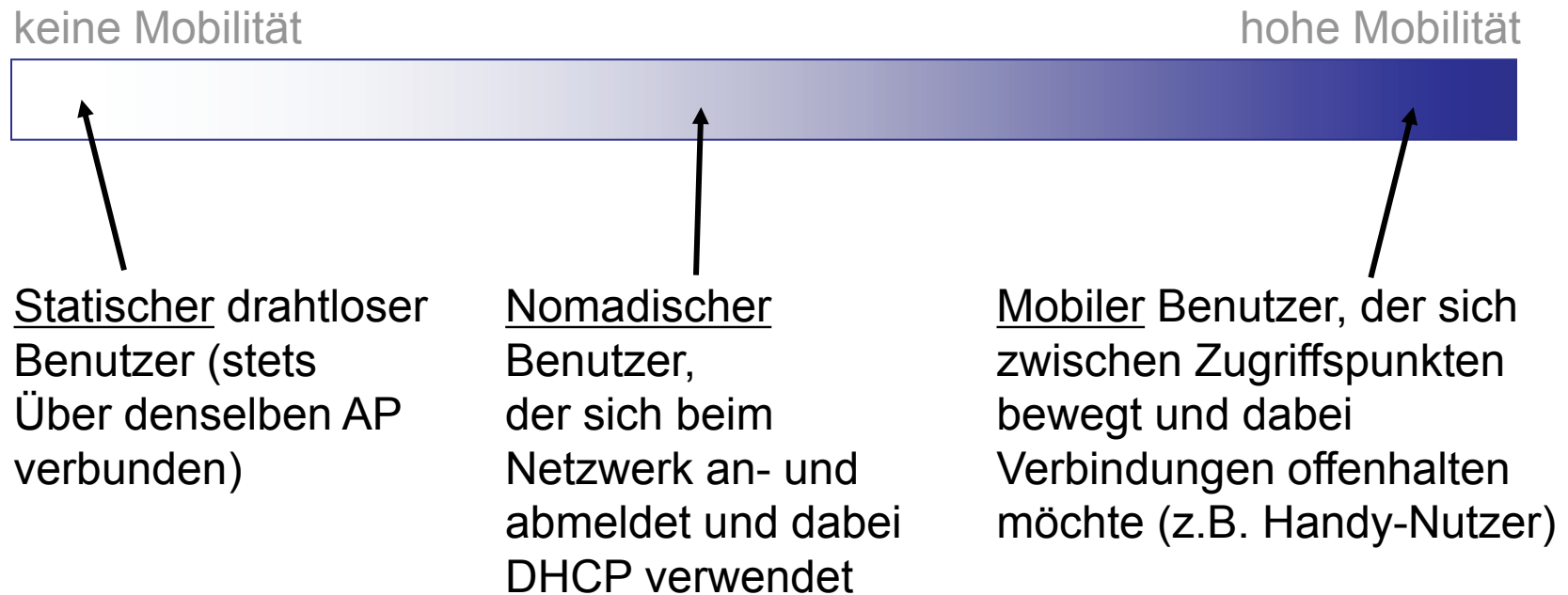
# 6.4 3G (Sprach- und Daten-)Netzwerk Architektur



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

## 6.5 Spektrum der Mobilität

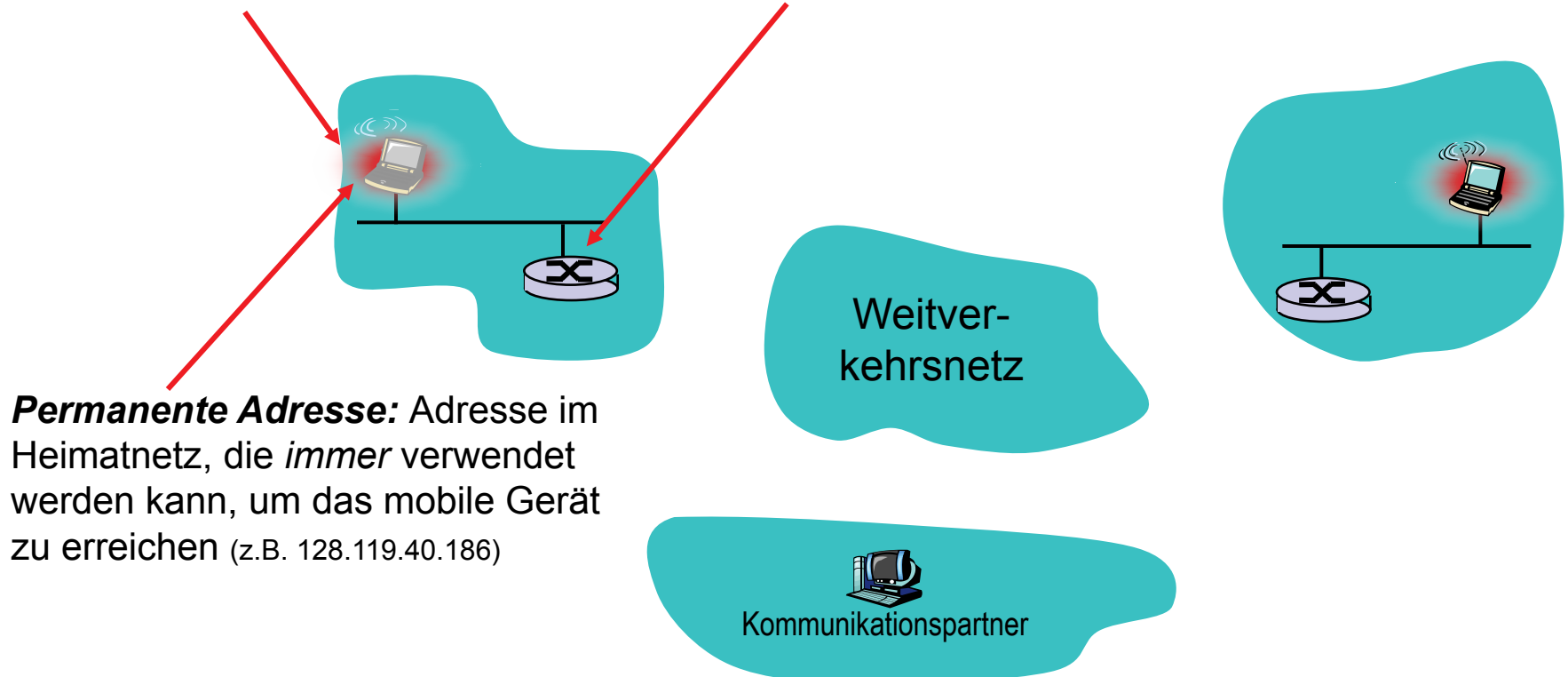
### Spektrum der Mobilität:



## 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



**Permanente Adresse:** Adresse im  
Heimatnetz, die *immer* verwendet  
werden kann, um das mobile Gerät  
zu erreichen (z.B. 128.119.40.186)

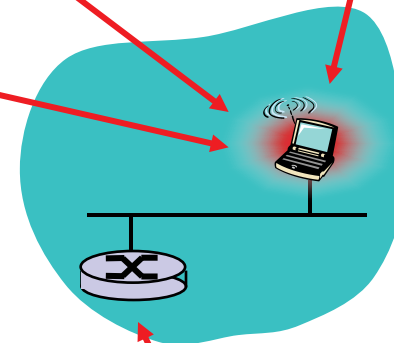
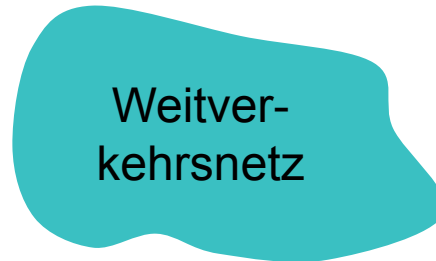
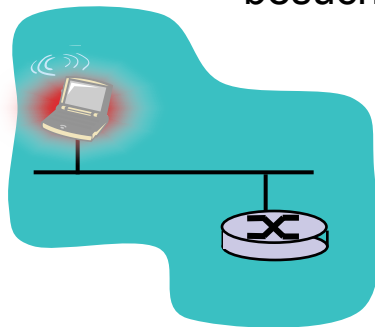
## 6.5 Mobilität – Vokabular

**Permanente Adresse:**

Bleibt konstant (z.B.  
128.119.40.186)

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

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



**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

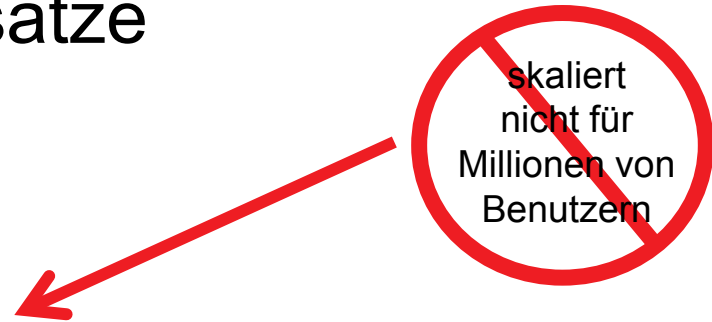
Wenn eine Freundin ständig ihre Adresse ändert, wie können Sie sie dann finden?

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



## 6.5 Mobilität - Lösungsansätze

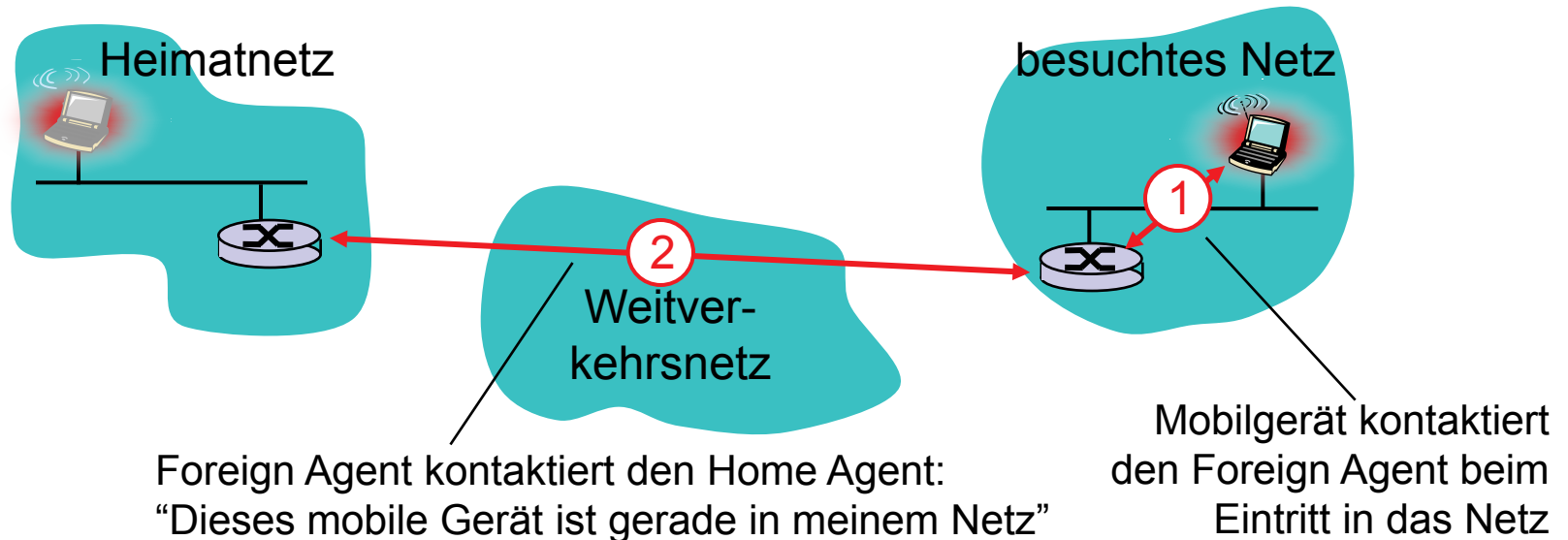
skaliert  
nicht für  
Millionen von  
Benutzern



- **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 – Registrierung



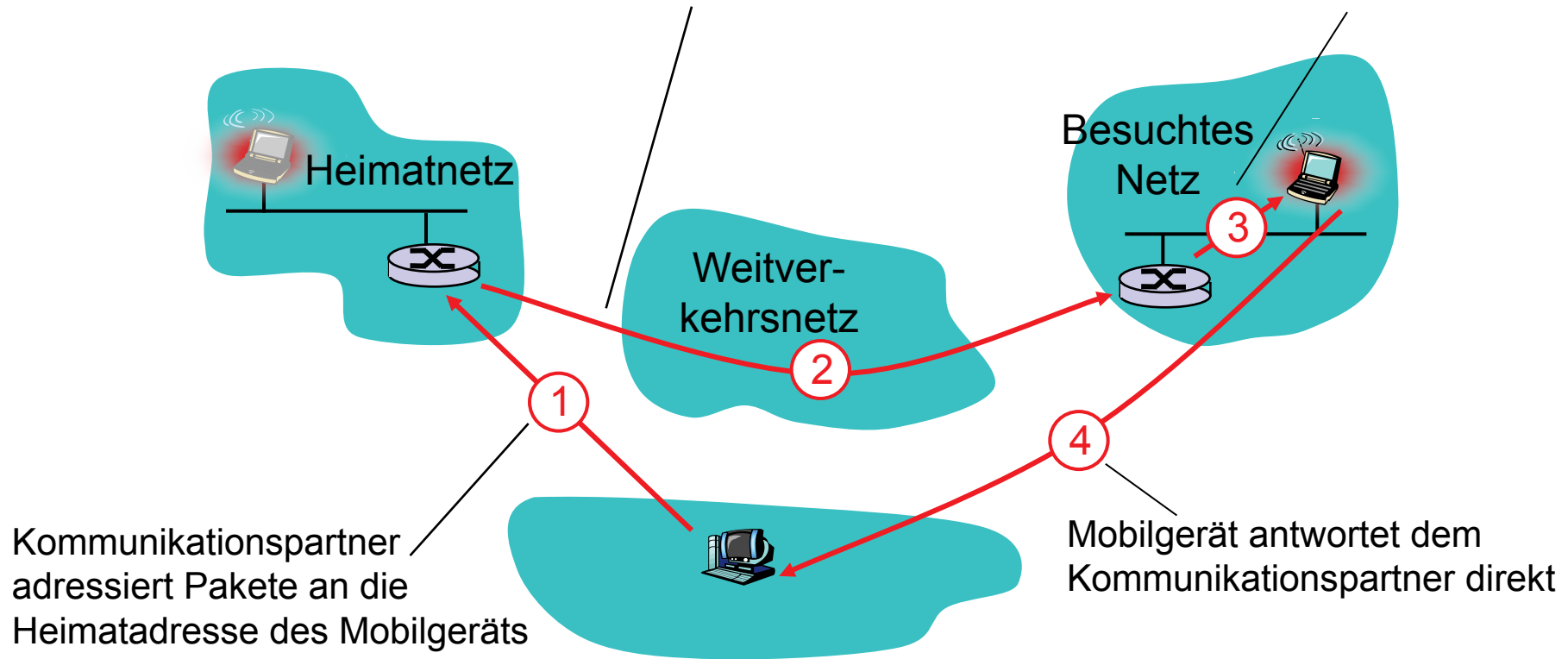
Endergebnis:

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

## 6.5 Mobilität mit indirektem Routing

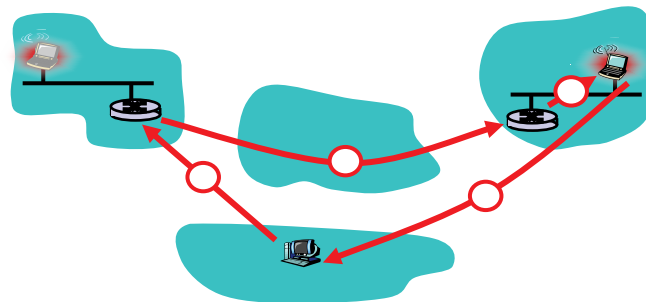
Home Agent fängt Pakete ab und leitet sie an das mobile Gerät weiter

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



## 6.5 Indirektes Routing – Anmerkungen

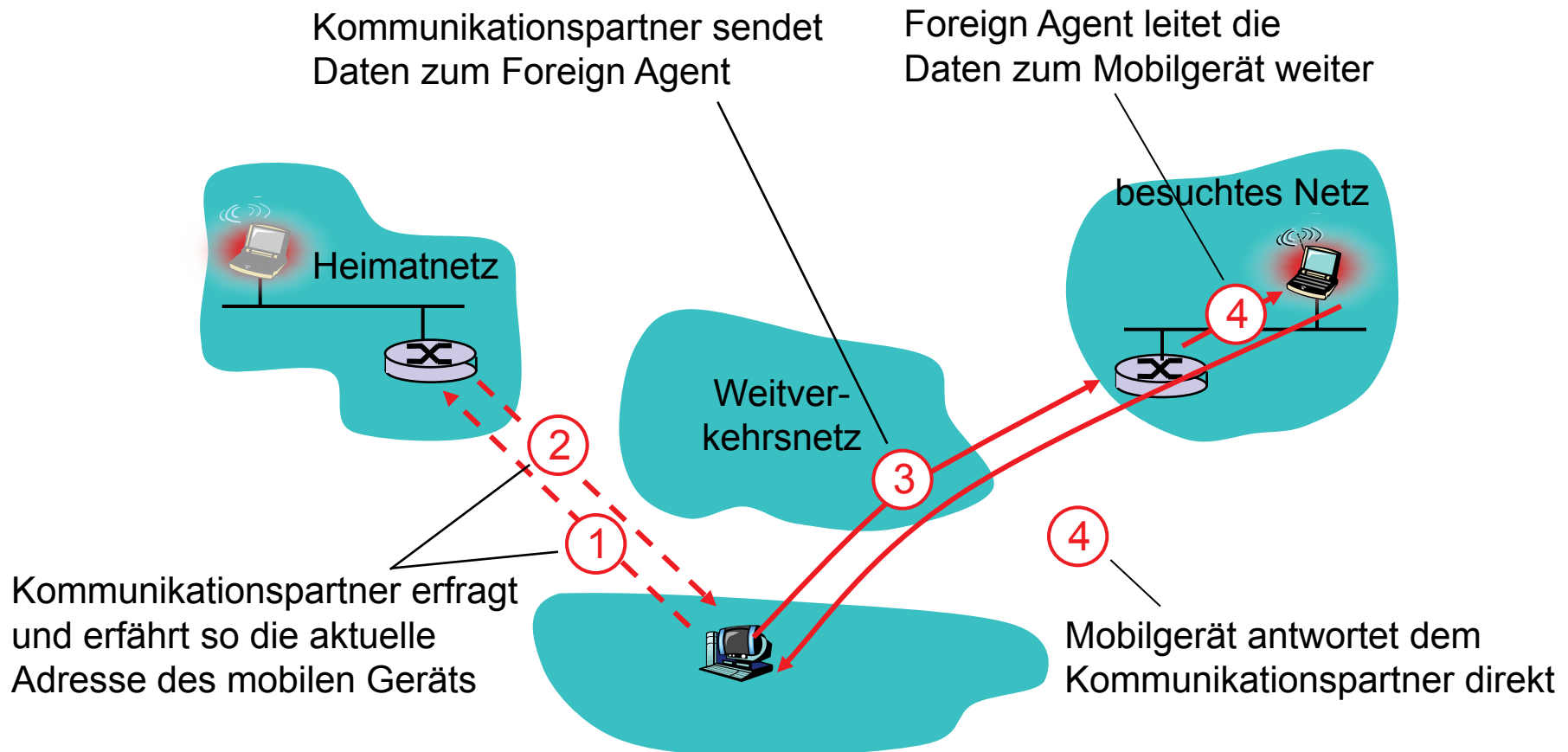
- Das Mobilgerät hat zwei Adressen:
  - **Permanente Adresse:** wird vom Kommunikationspartner benutzt (die Mobilität ist daher für den Kommunikationspartner *transparent*)
  - **Care-of-Adresse:** vom Home Agent verwendet, um Datagramme an das Mobilgerät weiterzuleiten
- Funktion des Foreign Agent kann 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

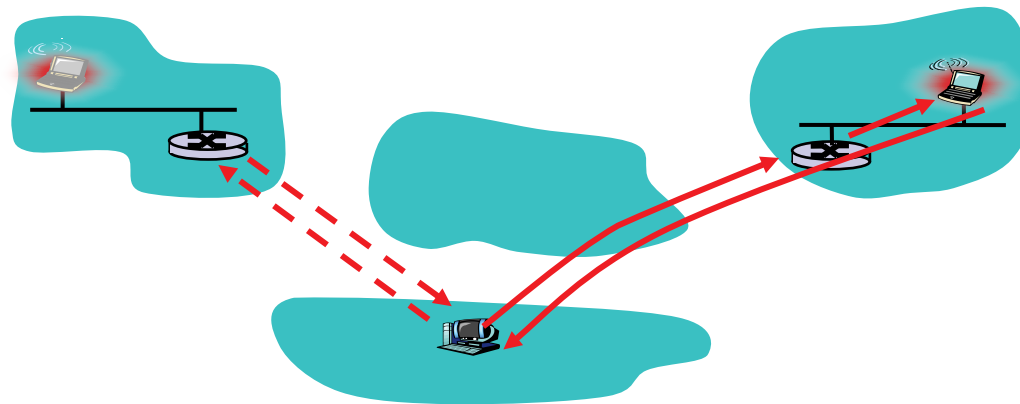
- Angenommen, ein mobiler Benutzer wechselt in ein anderes Netzwerk
    - Registriert sich beim neuen Foreign Agent
    - Der neue Foreign Agent informiert den Home Agent
    - Home Agent aktualisiert die Care-of-Adresse
    - Pakete werden weiterhin zum Mobilgerät weitergeleitet (jetzt zur neuen Care-of-Adresse)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

## 6.5 Mobilität über direktes Routing



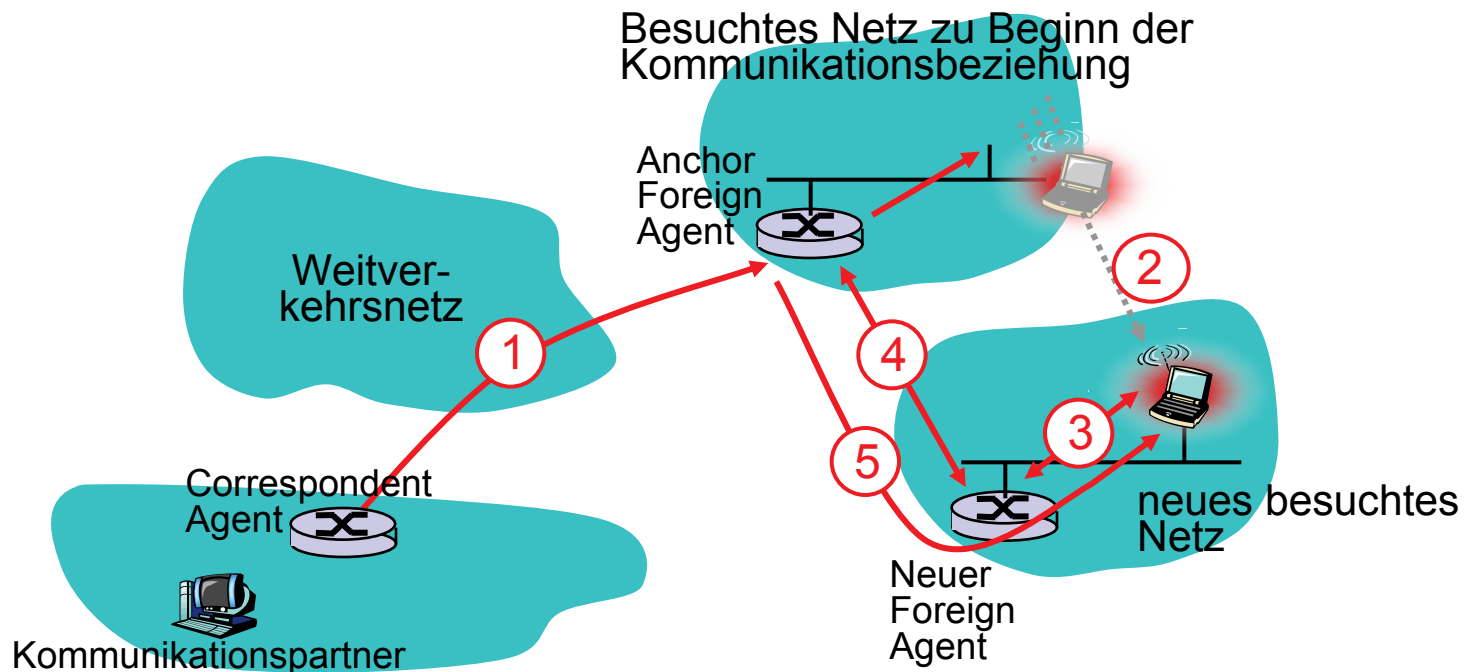
## 6.5 Mobilität über direktes Routing – Anmerkungen

- 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)



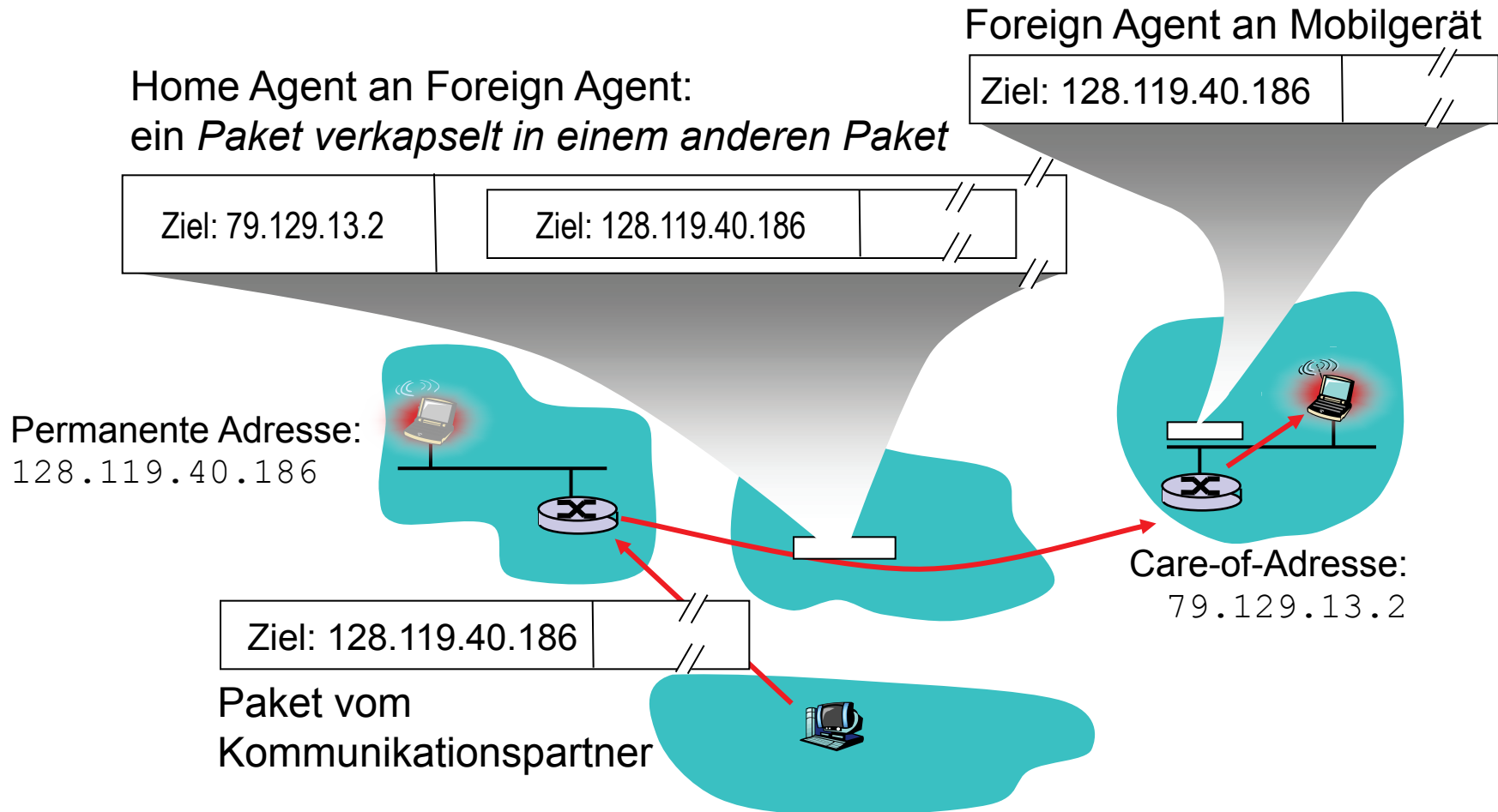


## 6.6 Mobile IP

## 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



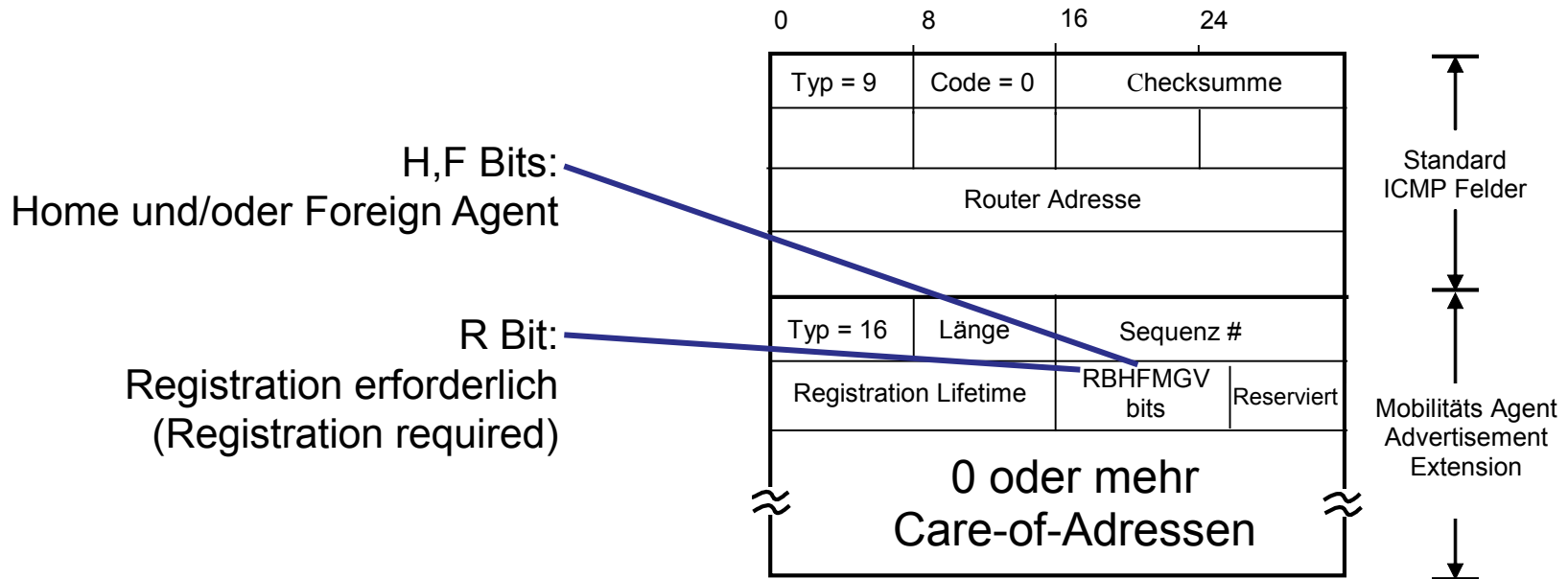
## 6.6 Mobile IPv4 – Agent Discovery

- **Agent Advertisement:**

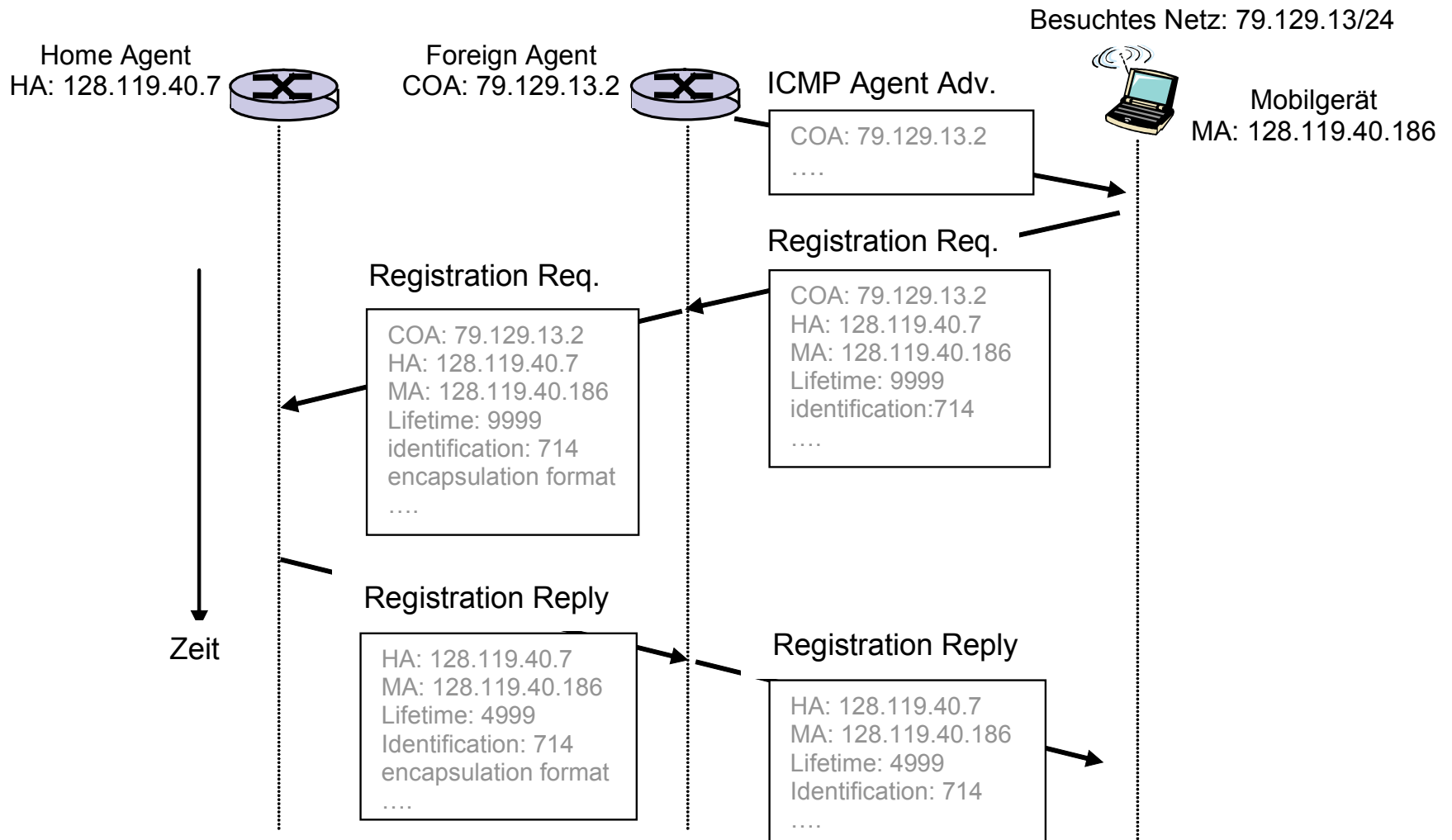
Foreign/Home Agents bieten ihre Dienste an indem sie ICMP Nachrichten (Typ-Feld = 9) broadcasten.

- **Agent Solicitation:**

Mobilgerät sendet eine explizite Aufforderung an mögliche Agenten, ein Agent Advertisement zu schicken (Wartezeit verkürzen).

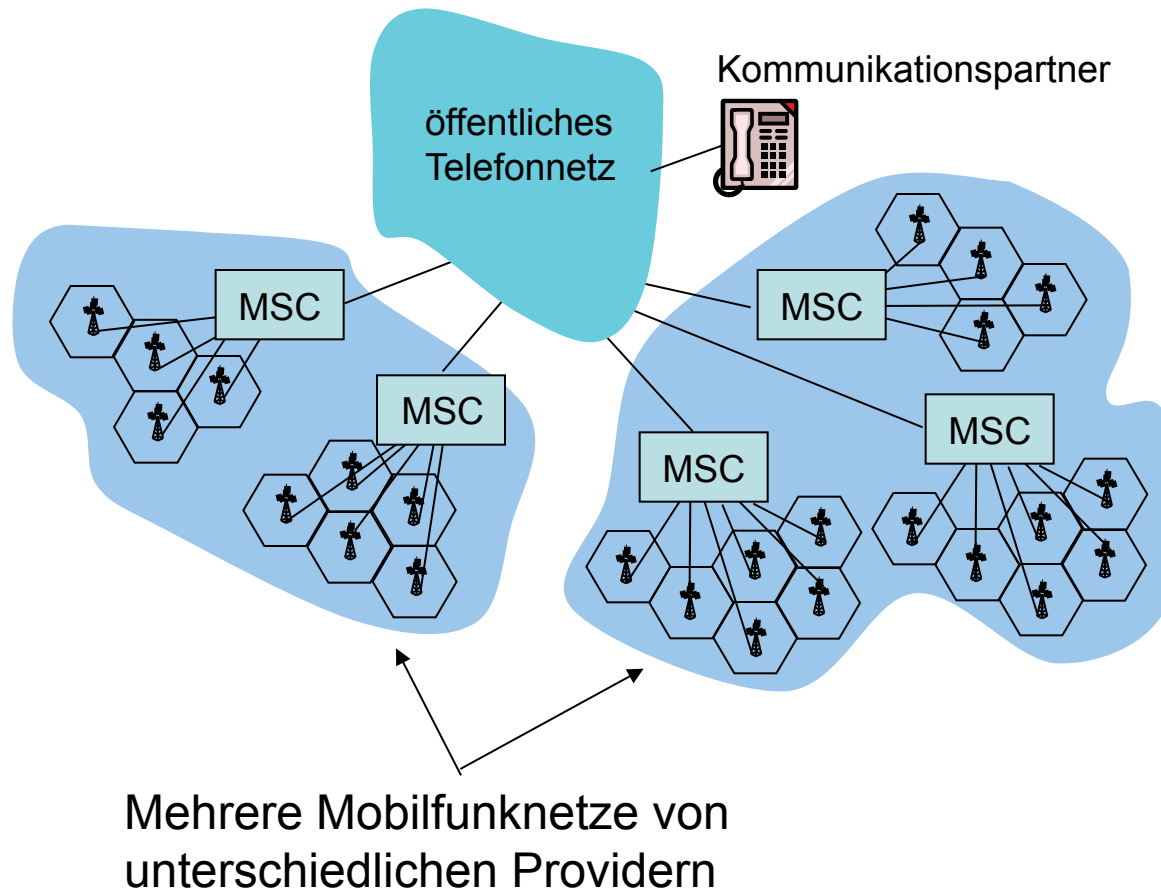


# 6.6 Mobile IPv4 – Beispiel einer Registrierung



## 6.7 Mobilitätsmanagement in zellularen Mobilfunknetzen

## 6.7 Bestandteile einer zellularen Netzarchitektur

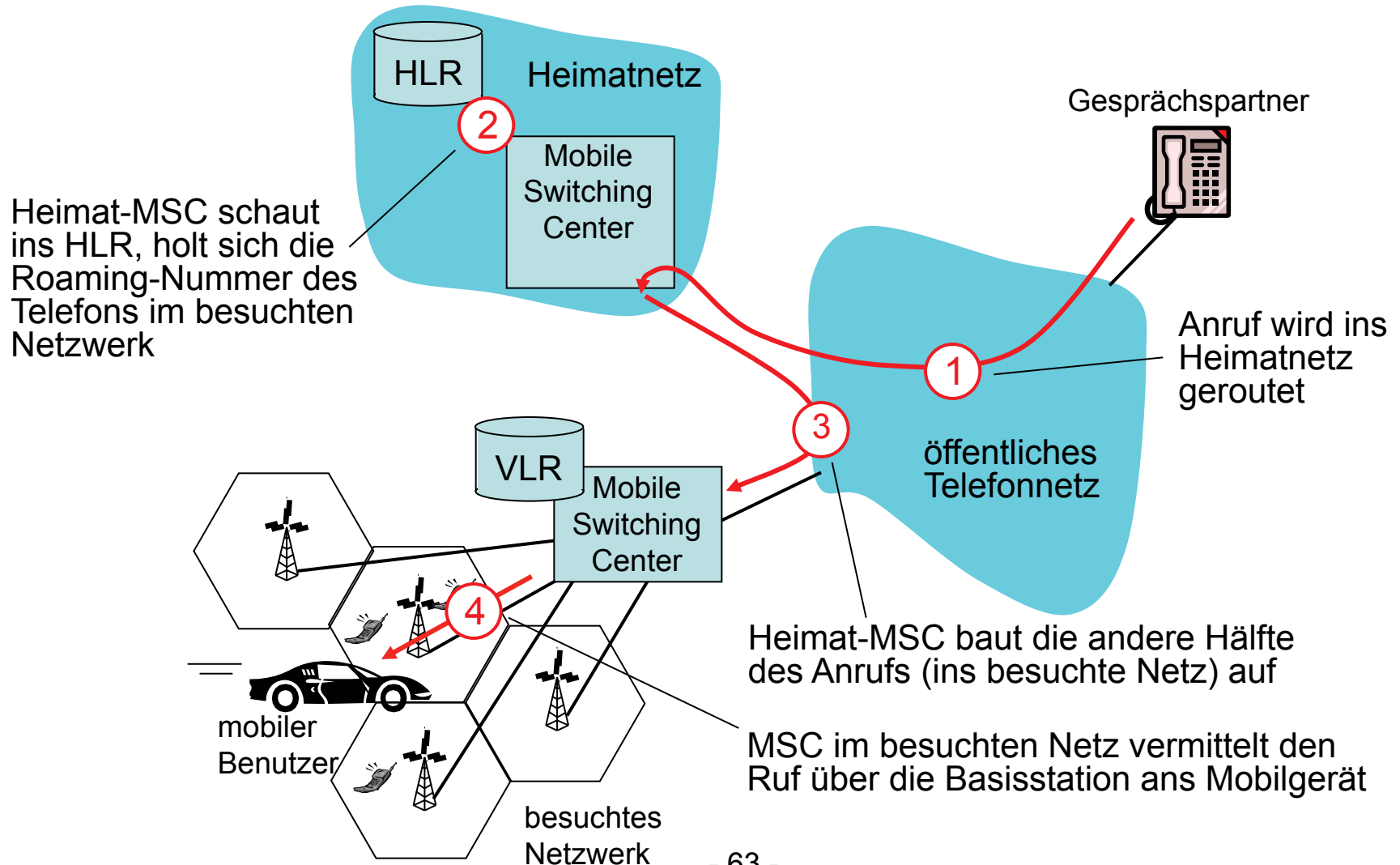


## 6.7 Mobilität in zellularen Netzen

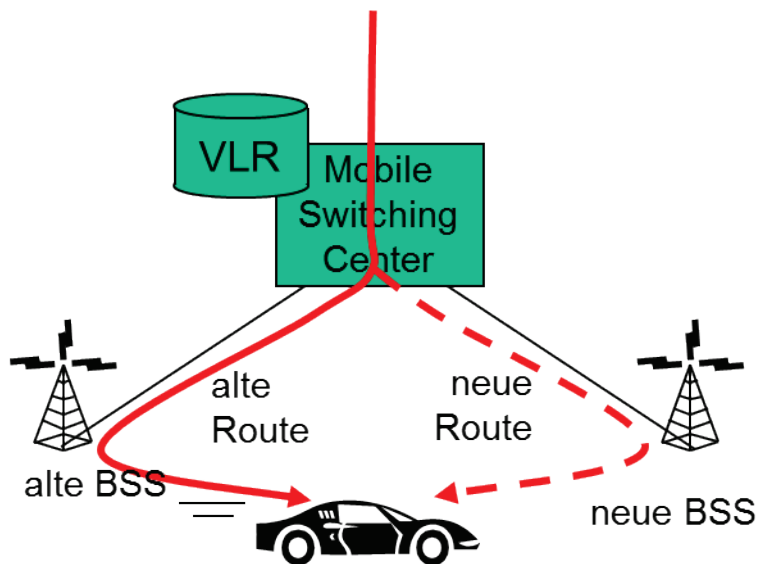
- **Heimatnetz:** Netzwerk des Netzanbieters, mit dem man einen Vertrag hat
  - **Home Location Register (HLR):** Datenbank im Heimatnetz, die die Mobilfunknummer, Profildaten (Dienste, Voreinstellungen, Abrechnungsdaten, usw.) und Informationen zum aktuellen Aufenthaltsort (möglicherweise ein anderes 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

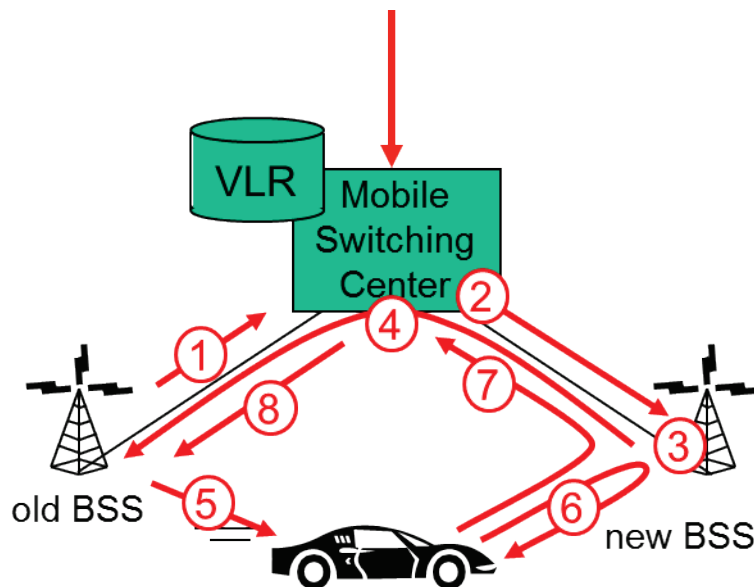


## 6.7 GSM – Handoff bei gleichem MSC



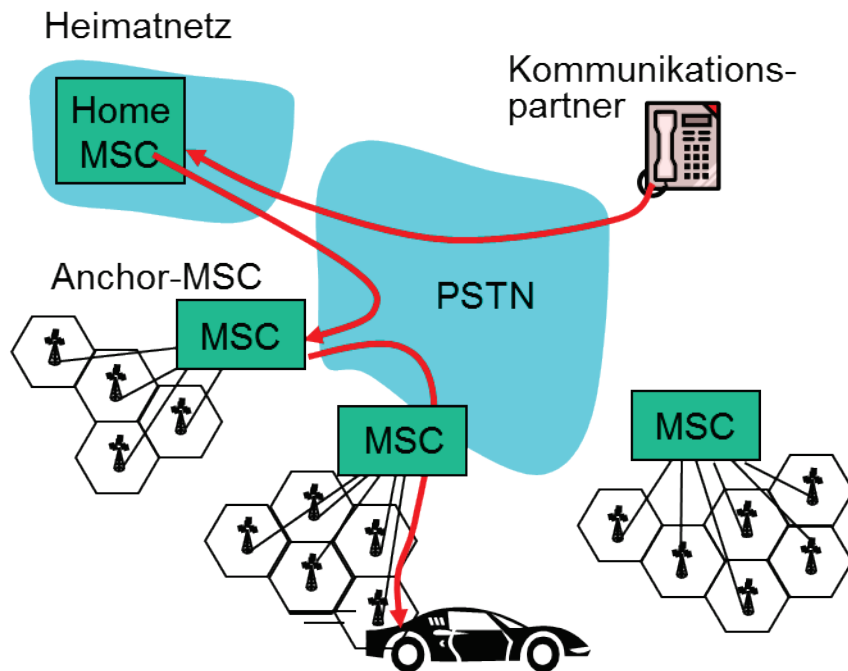
- Ziel des Handoff: Anruf über eine neue Basisstation routen (ohne Unterbrechung)
- Gründe für einen Handoff:
  - Stärkeres Signal zu/von neuer BSS (aufrechterhalten der Verbindung, längere Akkulebensdauer)
  - Lastverteilung: Kanal der aktuellen BSS freigeben
  - GSM schreibt nicht vor, wann und warum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

## 6.7 GSM – Handoff bei gleichem MSC



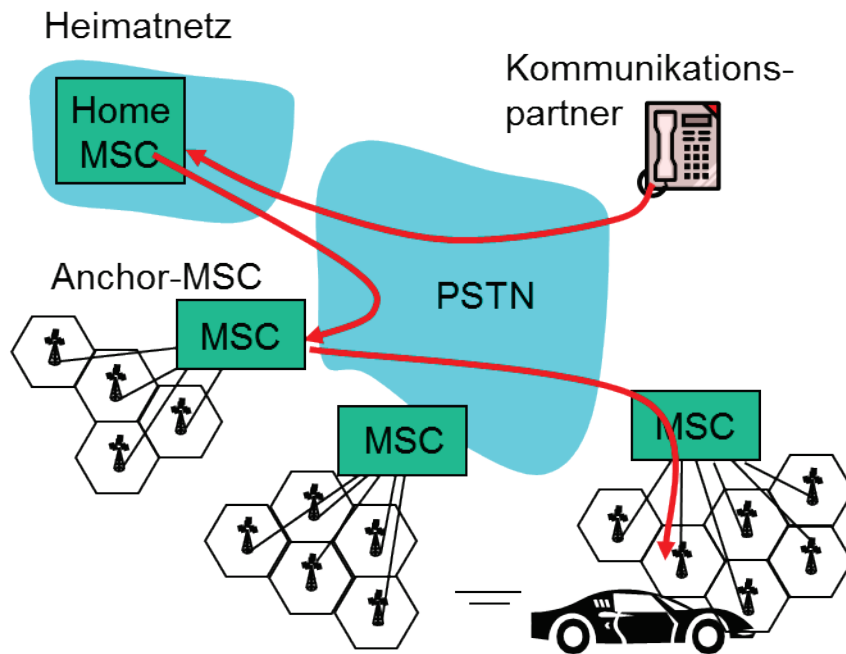
1. Alte BSS informiert MSC über anstehenden Handoff, Liste mit min. einer neuen BSS
2. MSC stellt den Pfad zur neuen BSS bereit (Ressourcenallokation)
3. Neue BSS reserviert einen Funkkanal für das Mobilgerät
4. Neue BSS signalisiert MSC und alter BSS die Bereitschaft zum Handoff
5. Die alte BSS fordert 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



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

## 6.8 Funkkommunikation und Mobilität – Einfluss auf höhere Schichten

## 6.8 Funkkommunikation und Mobilität – Einfluss auf höhere Schichten

Eigentlich *solite* 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 (verworfen 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