

Kapitel 4 – Mobilitätsmanagement

Vorlesung Mobilkommunikation Wintersemester 2017/18
Prof. Dr. Oliver Waldhorst (HS Karlsruhe), Markus Jung

INSTITUT FÜR TELEMATIK





Mobiles TCP



Mobile Ad Hoc Netze



Mobile IP



WLAN, Bluetooth



GSM, UMTS, LTE



Mobilitätsmanagement



Medienzugriff



Drahtlose Übertragung



Motivation

- Notwendige Voraussetzungen für Kommunikation mit einem mobilen Gerät
 - **Positionsmanagement**: Netzzugangspunkt muss bekannt sein
 - Basisstation in zellularem Netz, Access Point in WLAN
 - **Handover**: Bei Verlassen des Abdeckungsbereichs eines Zugangspunktes muss eine Verbindung zu neuem Zugangspunkt hergestellt werden
 - **(Re-)Routing**: Verbindung / Datenpakete müssen zu neuem Zugangspunkt geleitet werden

Positionsmanagement

■ Grundlegende Operationen

- **Aktualisierung**: Ausgelöst vom Gerät, um Kommunikationssystem seine aktuelle Position mitzuteilen
- **Suche**: Ausgelöst vom Kommunikationssystem, um (unbekannte) Position eines Geräts zu bestimmen;
Rundruf (engl. **Paging**)

■ Aktualisierungen machen Suche effizienter

- Ohne Positionsinformationen muss im gesamten System nach einem Gerät gesucht werden
- Paging kann sehr aufwendig sein! Hier: Kein Aufwand für Aktualisierung, dafür großer Aufwand für Suche



Positionsmanagement: Grundlegender Ansatz

■ Annahmen

- Granularität: Einzelne Zelle
- Zentrale Datenbank: **Positionsregister** (engl. **Location Register, LR**)
- Für jedes mobile Gerät speichert LR die aktuellste bekannte Zelle
 - D.h. Abbildung (Gerät, Zelle)

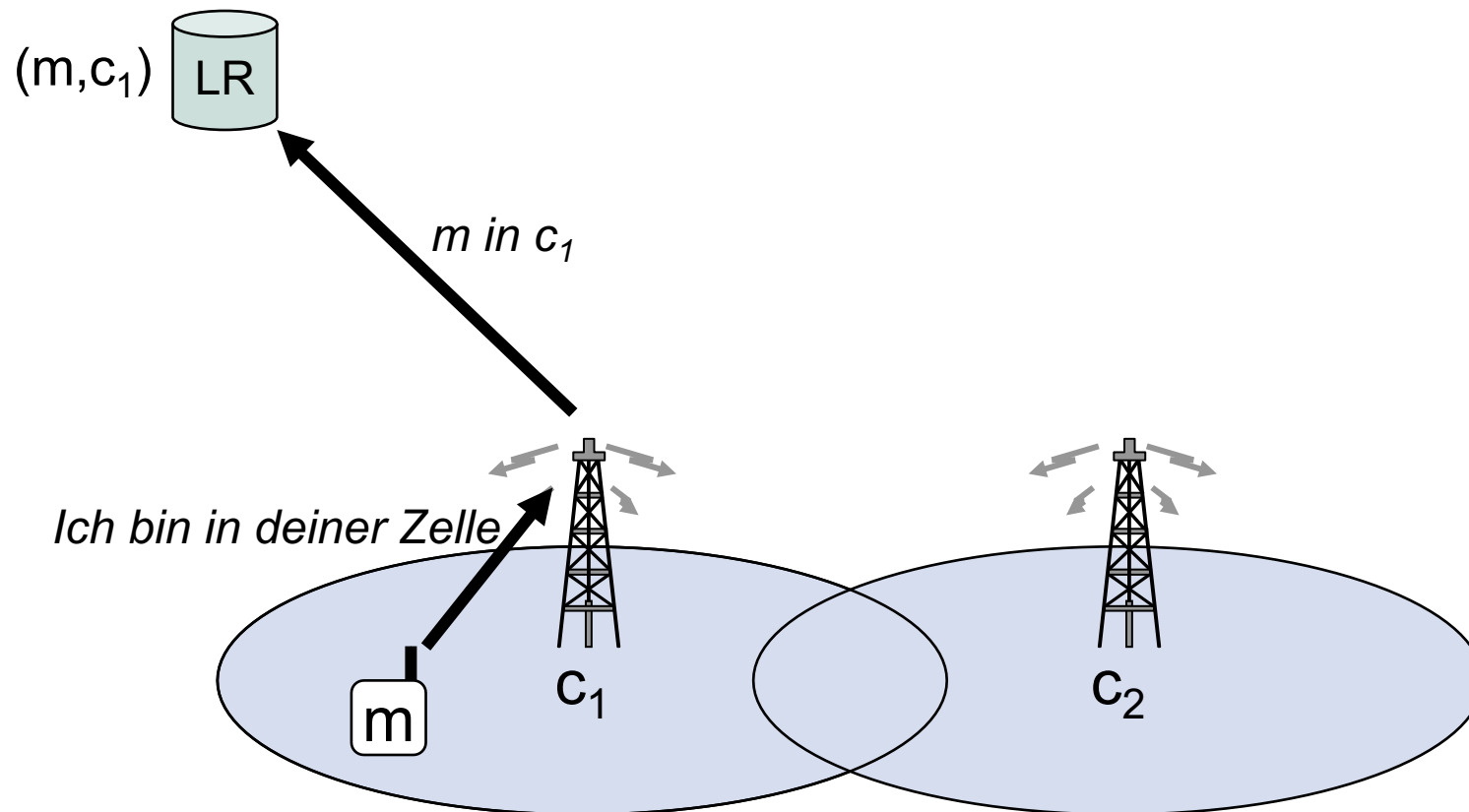
■ Protokoll

- Mobiles Gerät benachrichtigt beim Einschalten LR über aktuelle Zelle
- Bei jedem Zellwechsel informiert das Gerät das LR (Aktualisierung)
- Zum Auffinden des Geräts wird LR verwendet (Suche)
 - LR kontaktiert Zugangspunkt in aktueller Zelle
 - Zugangspunkt sendet Rundruf
 - Mobiles Gerät antwortet (wenn eingeschaltet)

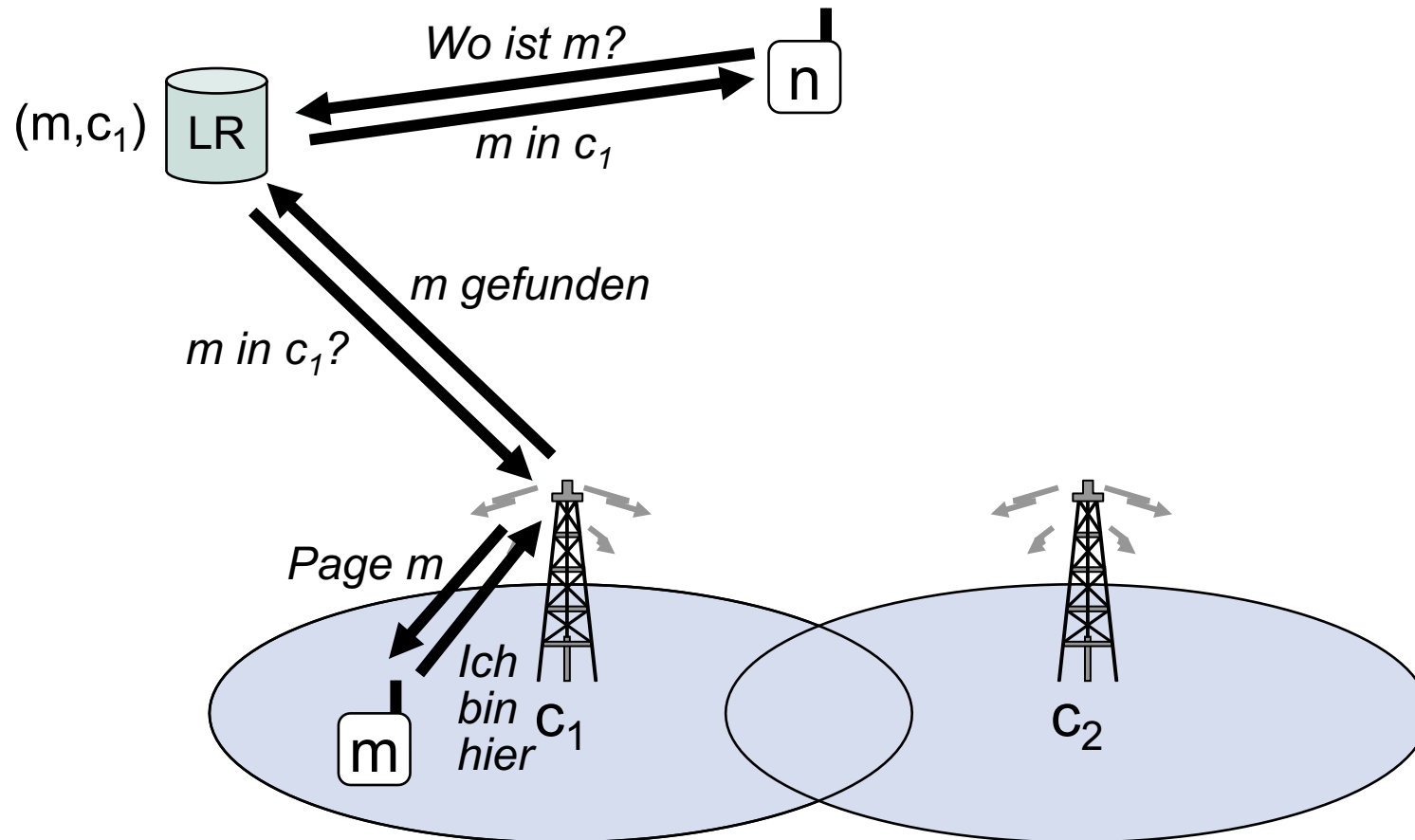
■ Veraltete LR Einträge können durch Soft State Ansatz behandelt werden

- Jeder Eintrag besitzt begrenzte Lebenszeit, muss vor deren Ablauf erneuert werden
- Kann Aktualisierungsrate drastisch erhöhen

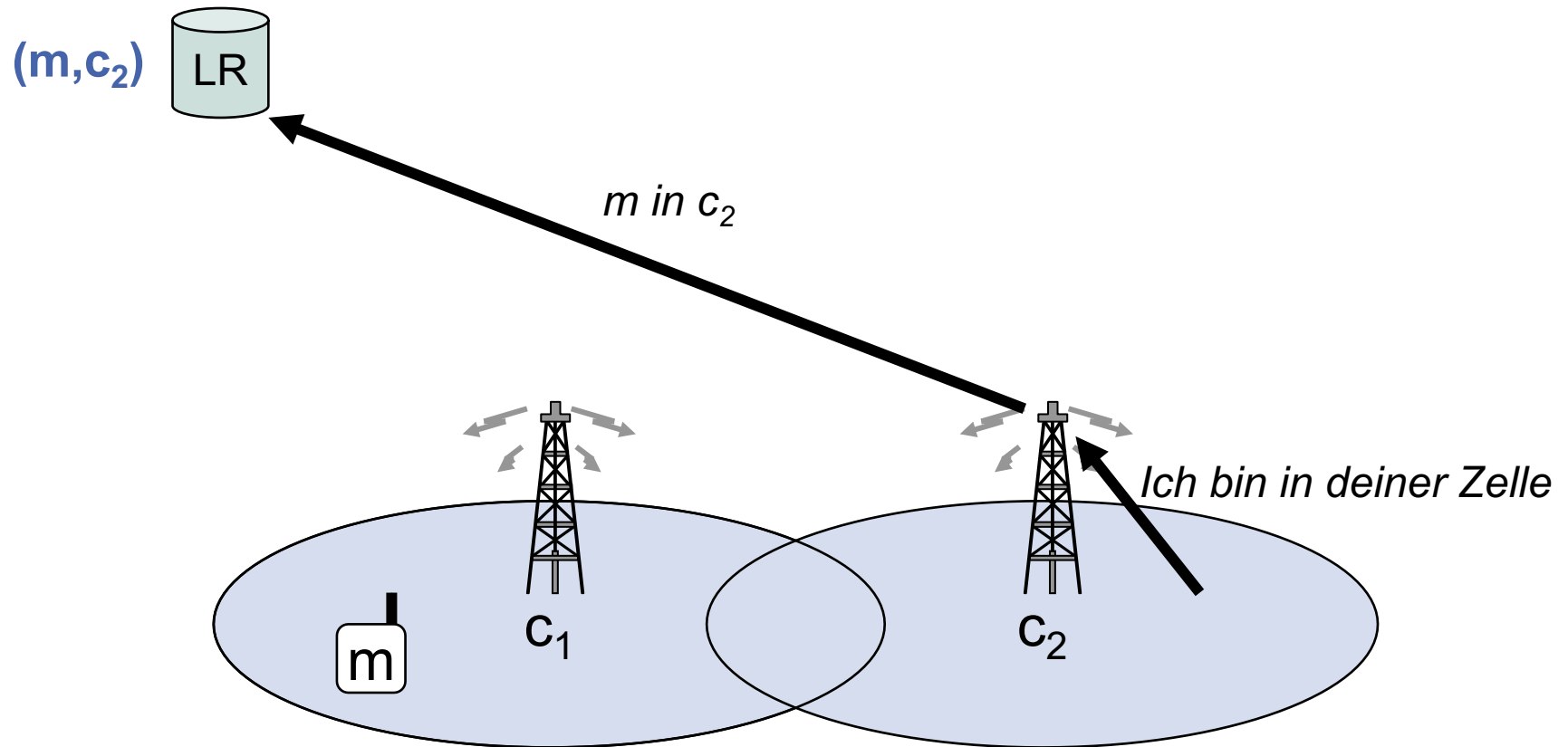
Grundlegender Ansatz: Initiale Aktualisierung



Grundlegender Ansatz: Suche



Grundlegender Ansatz: Aktualisierung



Aktualisierungen vs. Paging (1)

■ Was ist schlecht an Aktualisierungen?

- Senden von Aktualisierungen belastet Batterien der mobilen Geräte
- Verschwendung von Bandbreite im Uplink
- Zusätzliche Belastung der Infrastruktur (Netz und Datenbanken)

■ Was ist schlecht an Paging?

- Verschwendung von Bandbreite im Downlink für Anfragen
- Verschwendung von Energie und Bandbreite im Uplink für Antworten
- Verbindungsaufbau / Datenübertragung verzögert
- Zusätzliche Belastung der Infrastruktur (Netz)

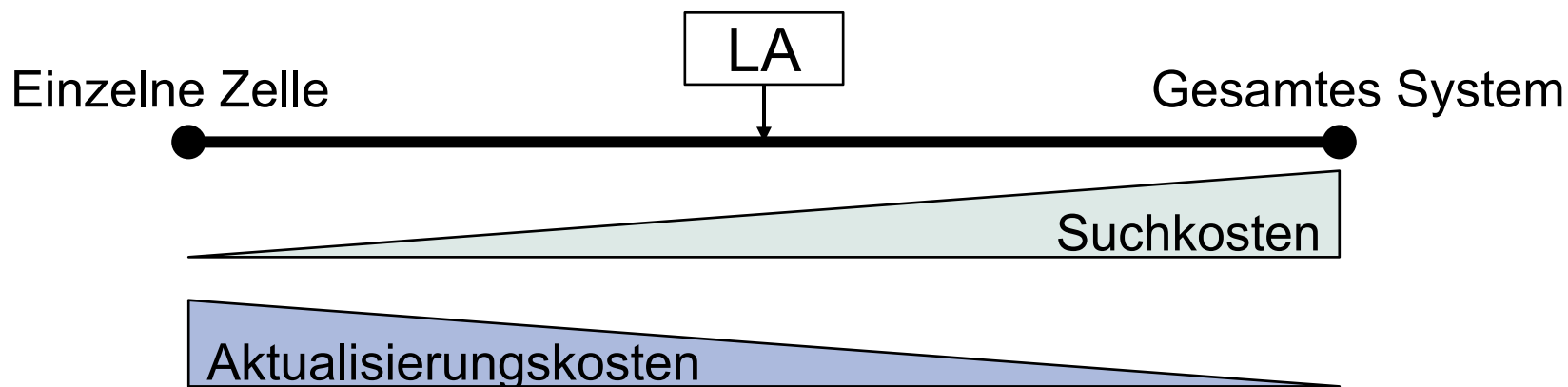
Aktualisierungen vs. Paging (2)

- Suche nur innerhalb einer einzelnen Zelle (bzw. Zugangspunkt)
 - Potentiell große Anzahl von Aktualisierungen (für jeden Wechsel eines Geräts in andere Zelle)
 - In zellulären Netzen wechseln typische Nutzer Zelle alle 30 – 40 Sekunden (d.h. 1.000 Zellwechsel pro 8h Tag)
- Positionierungsbereich (engl. Location Area, LA) aus mehreren Zellen
 - Niedrigere Aktualisierungsraten: Nur wenn Gerät sich in neuen Positionierungsbereich bewegt
 - Suche innerhalb aller Zellen in einem Positionierungsbereich
- Größe der Positionierungsbereiche hat großen Einfluss auf die Systemleistung

Verwendung von Positionierungsbereichen

■ Prinzip

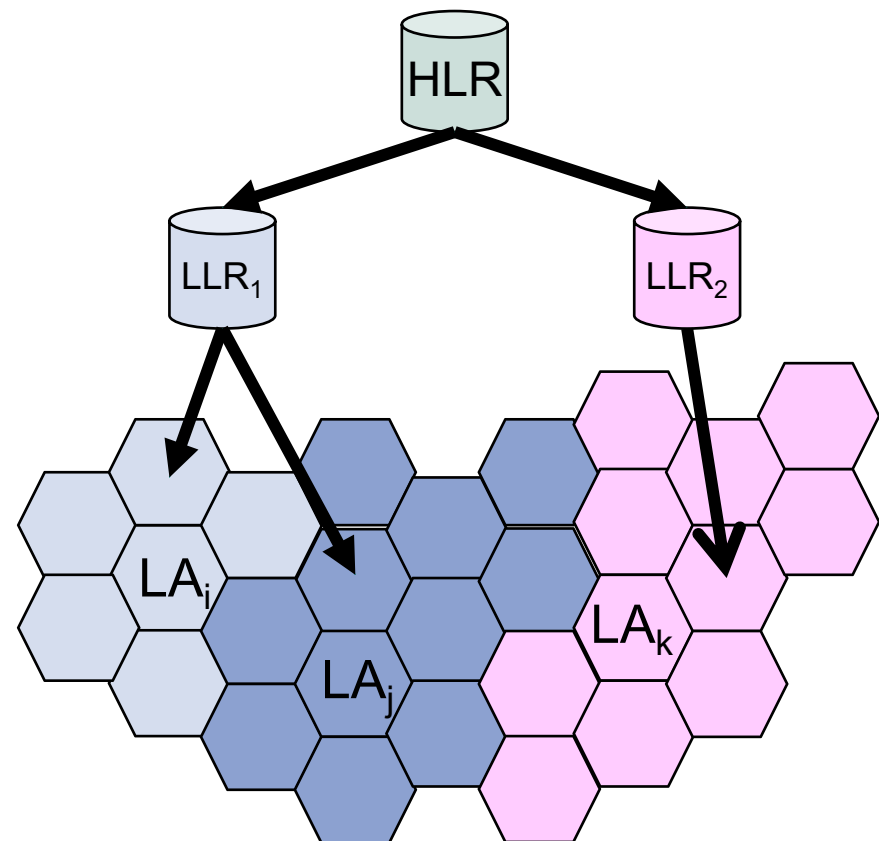
- Versorgungsbereich des Netzes wird in Menge von Positionierungsbereichen (Location Areas, LAs) aufgeteilt
- Jeder Positionierungsbereich besteht aus Menge von räumlich zusammenhängenden Zellen
- LR verwaltet Abbildung (Gerät, LA)
- Aktualisierung: Bei Wechsel der LA statt bei Zellwechsel
 - Reduziert Aktualisierungsrate
- Suche: Rundruf in allen Zellen innerhalb von LA
 - Erhöht Aufwand für Paging



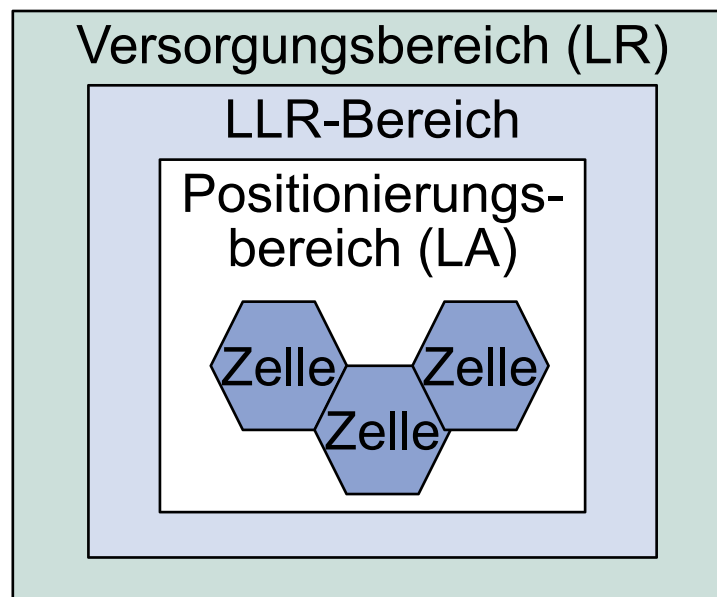
- **Offensichtliche Probleme und Lösungsansätze**
 - LR ist kritischer Fehlerpunkt (Single-Point-of-Failure)
 - Mögliche Lösung: Replikation der LR-Funktionalität
 - LR ist Engpass bezüglich der Systemleistung
 - Mögliche Lösung: Aufteilung der Zuständigkeiten auf verschiedene LR-Instanzen
- **Design-Fragen für Aufteilung der Zuständigkeiten**
 - Wie werden die Zuständigkeiten verteilt?
 - Wie werden die Positionsregister organisiert (z.B. flach, hierarchisch)?
 - Wo im System sollen Positionsregister platziert werden?

Register Hierarchie

- Problem: LR
typischerweise weit
entfernt, dadurch
Aktualisierung aufwändig
- Lösungsansatz
 - Einführung einer Ebene
von lokalen
Positionsregistern (LLR)
 - LLR verantwortlich für
Menge von räumlich
zusammenhängenden LAs



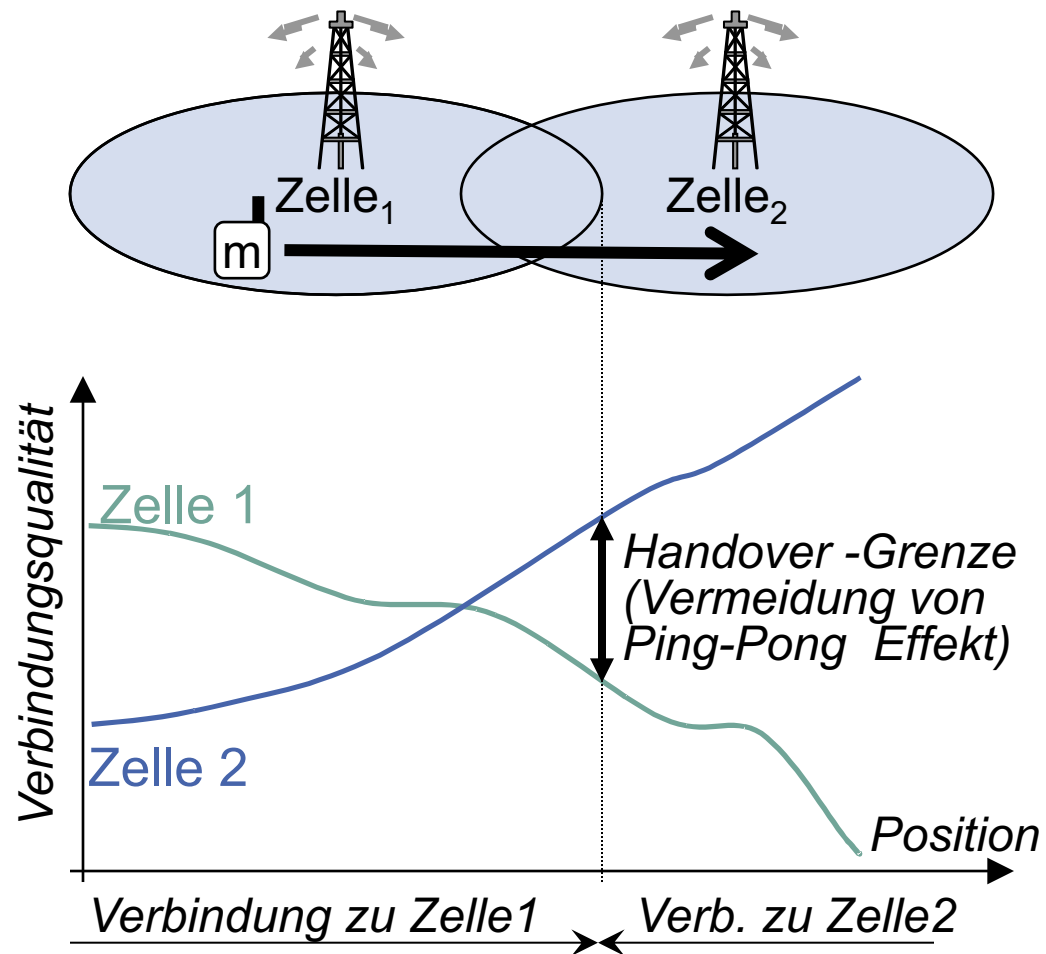
Register Hierarchie



- LLR verwaltet Abbildung (Gerät, LA) für jedes Gerät in seinem LLR-Bereich
- LR verwaltet Abbildung (Gerät, LLR) für das für ein Gerät zuständige LLR

Verbindungsübergabe (Handover)

- Problem: Zellwechsel bei laufender Kommunikation
- Gründe für Verbindungsübergabe
 - Qualität der Funkverbindung lässt nach
 - Kommunikation über andere Zelle erfordert weniger Funkressourcen
 - Unterstützte Reichweite überschritten
 - Aktuelle Zelle überlastet
 - Wartungsarbeiten



Verbindungsübergabe

- Ziel: Herstellung einer Funkverbindung zwischen Gerät und neuem Zugangspunkt

- Grundsätzliche Ansätze
 - Initiiert durch Mobilstation (**Mobile-initiated Handover**)
 - Z.B. WLAN
 - Initiiert durch Netz (**Network-initiated Handover**)
 - Z.B. GSM (in diesem Fall **Mobile-assisted**, d.h. Mobilstation unterstützt Netz durch Messwerte)

- Beispiel im Folgenden: Verbindungsübergabe zwischen WLAN Zugangspunkten (Access Points, AP)
 - Die Übergabe erfolgt in vier Phasen
 - Feststellung des Abbruchs der Funkverbindung zum alten AP
 - Suche nach neuem AP
 - *(Re-)Authentifizierung mit neuem AP*
 - *(Re-)Assoziierung mit neuem AP*



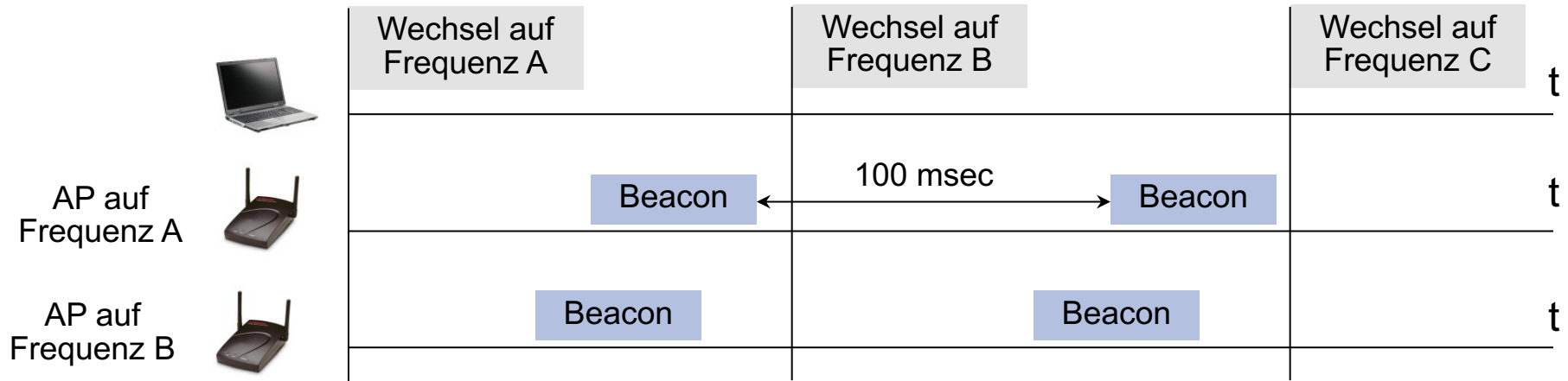
Feststellung des Verbindungsabbruchs

- Feststellung basiert auf
 - Niedriger Signalstärke des empfangenen Signals
 - Fehlerhaft übertragenen Funkrahmen

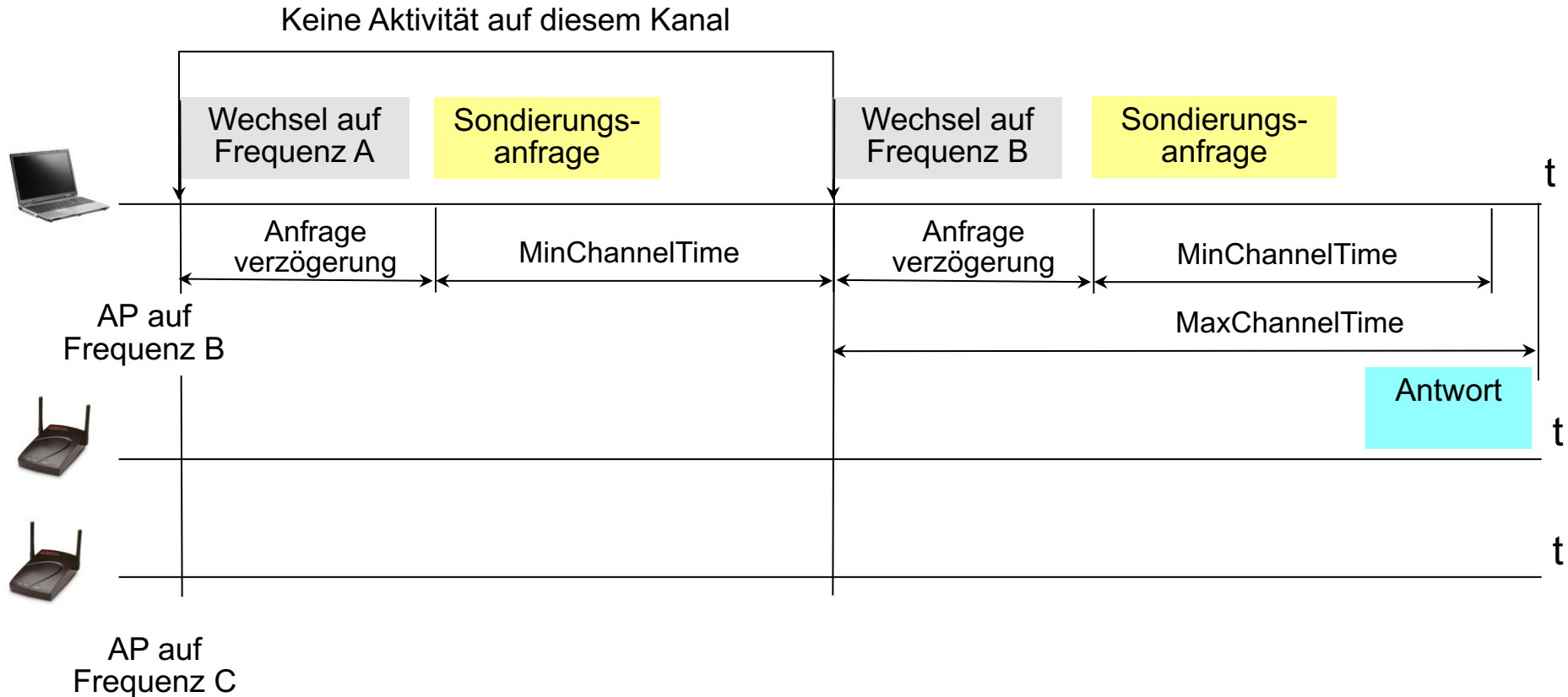
- Niedrige Signalstärke
 - Häufigster Ansatz
 - Verbindungsübergabe wenn Signalstärke unter Schwellenwert

- Fehlerhafte Übertragung von Funkrahmen
 - Langsamer als Signalstärkemessung
 - Mobiles Gerät nimmt als Fehlergrund an
 - Kollision
 - Dann Fading des Signals
 - Dann erst Reichweitenprobleme

Suche nach neuem AP: Passives Scanning



Suche nach neuem AP: Aktives Scannen



(Re-)Authentifizierung und (Re-)Assoziierung

- Mobiles Gerät authentifiziert sich bei neu gefundenem AP
 - Austausch von Authentifizierungs-Anfrage und -Antwort
 - Abhängig vom verwendeten Algorithmus werden mehr Nachrichten ausgetauscht

- Austausch von Assoziations-Anfrage und -Antwort
 - Danach ist drahtlose Verbindung etabliert

- Details siehe Kapitel zu IEEE 802.11(WLAN)

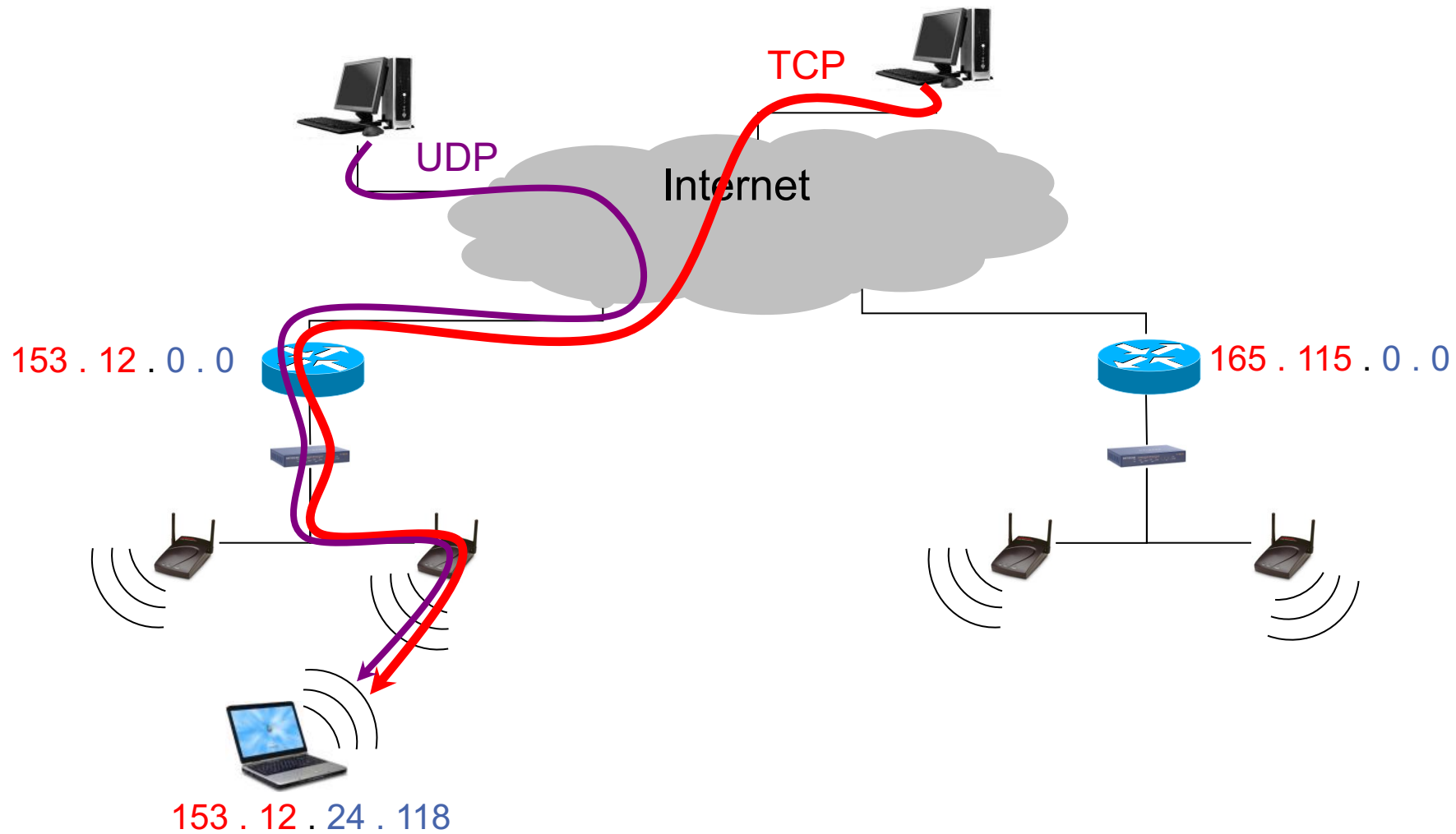


Verbindungsübergabe

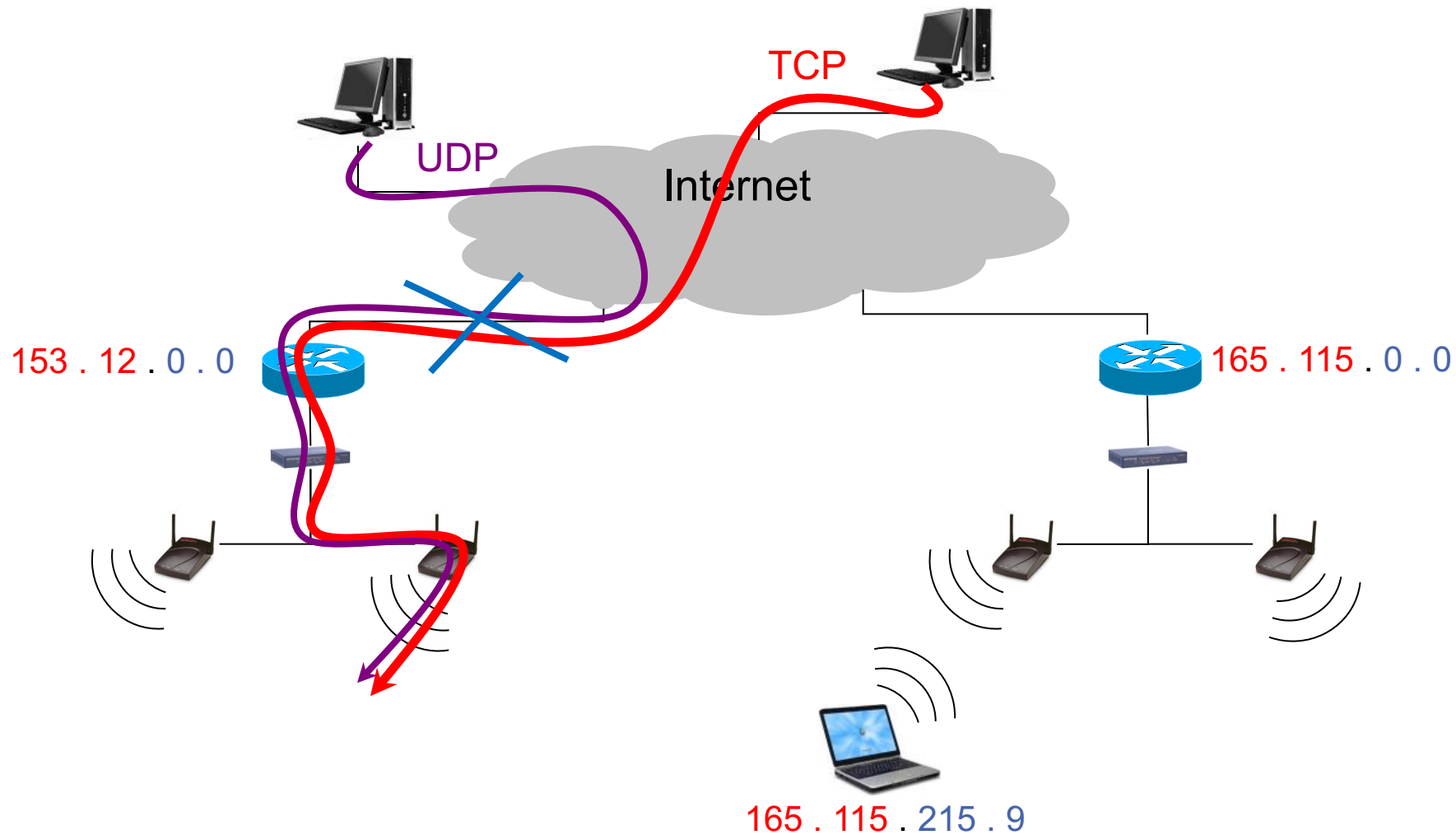
- Große Variation mit gleicher Hardware und Konfiguration wegen stochastischen Verhaltens der Funkschnittstelle
- Scannen ist Hauptgrund für Latenz
 - Ca. 90% der Verzögerung
 - Ca. 80% der ausgetauschten Nachrichten (abhängig von Mobilität und Qualität der Funkverbindung)



(Re-)Routing: Problematik



(Re-)Routing: Problematik



Verbindungsunterbrechung soll minimiert / vermieden werden!



Problematik und Lösungen

■ Funktionsweise Internet Routing

- Weiterleitung basiert auf der Zieladresse (**Lokator**)
 - Transportschicht (und höhere Schichten) nutzen Adresse zur Identifikation des Zielgeräts (**Identifikator**)
- Wechsel der Position (durch Mobilität) erfordert Wechsel der Zieladresse oder Aktualisierung der Routing-Tabellen

■ Anforderungen an Lösung

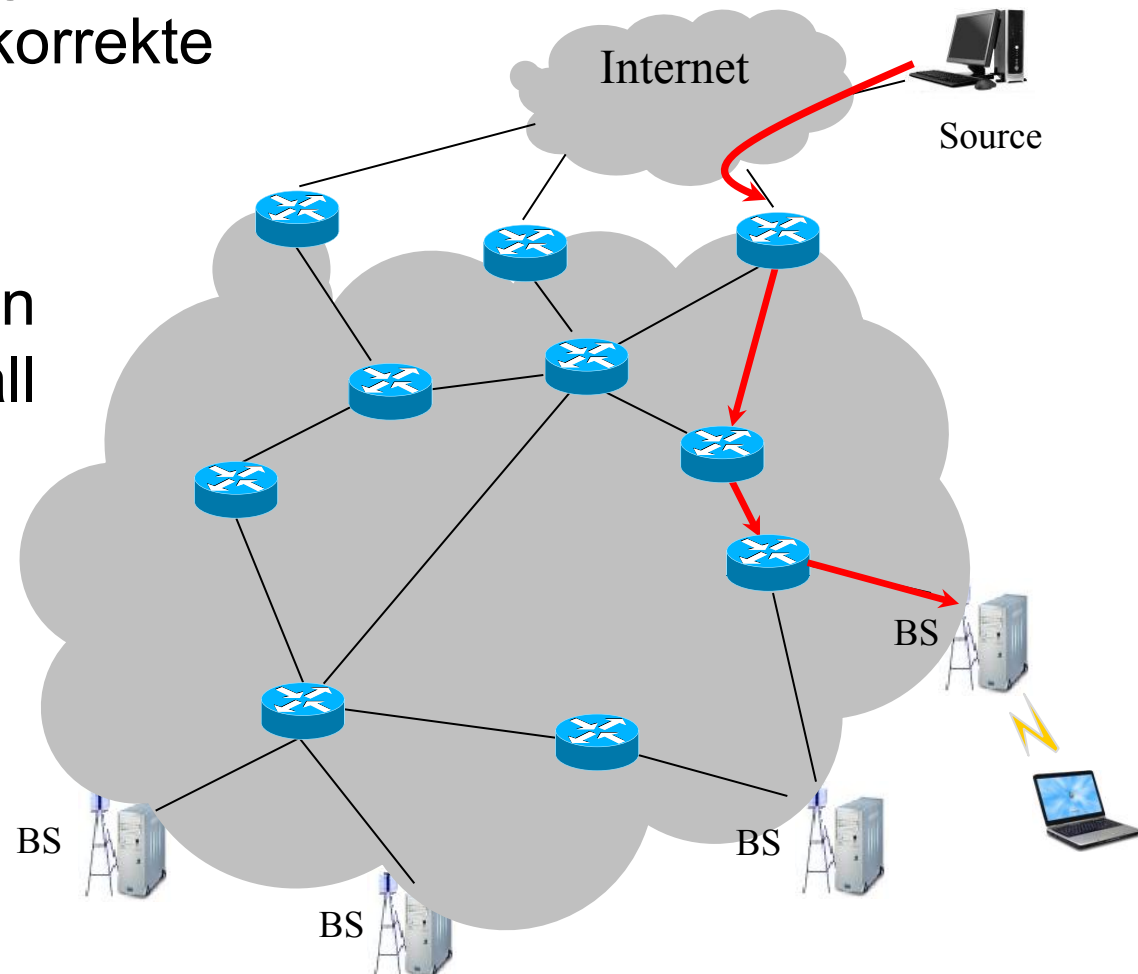
- Kompatibilität: Keine Änderungen (fester) Geräte erforderlich
- Transparenz: Unsichtbar für höhere Protokollschichten
- Skalierbar und effizient
- Sicherheit

■ Lösungsansätze

- Spezifische Routen pro Gerät
- Modifikation der Zieladresse
- Tunneln

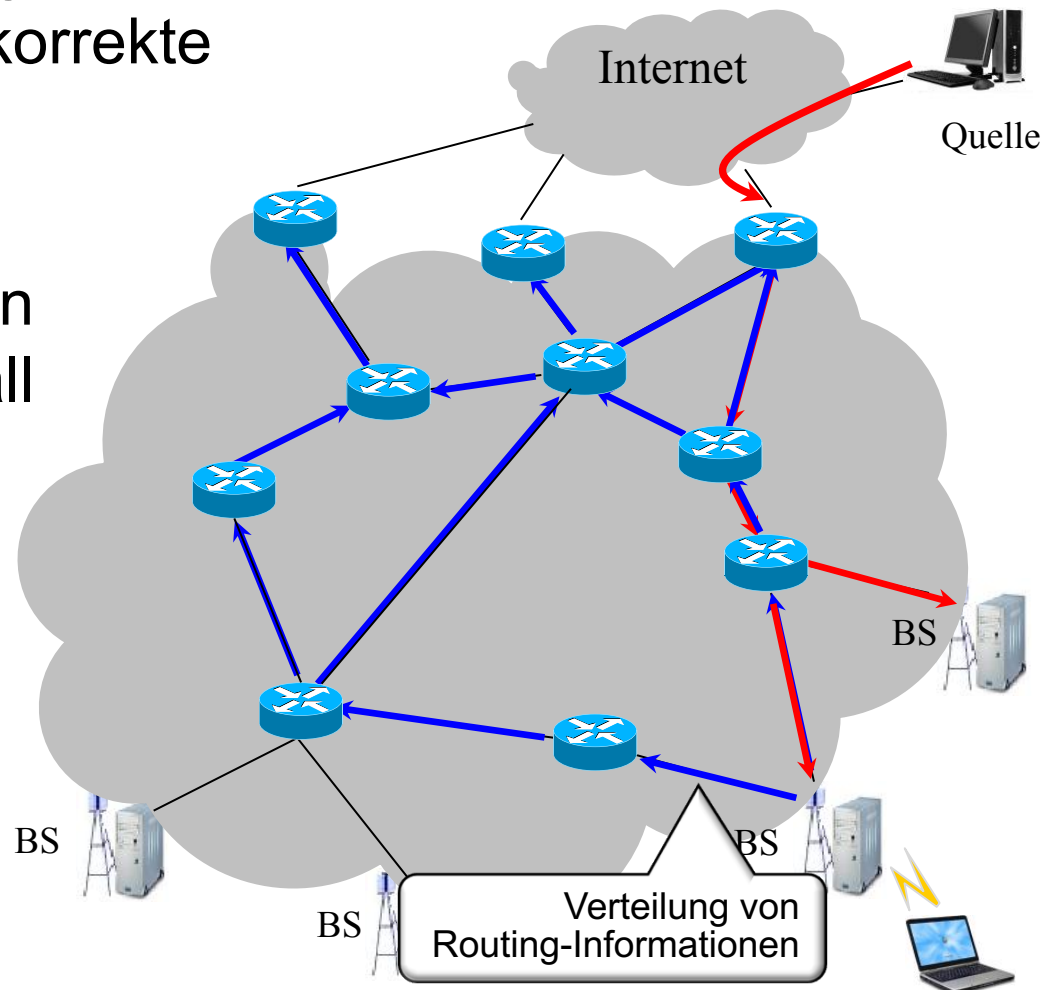
Spezifische Routen pro Gerät

- Änderung der Routing-Tabelle-Einträge für korrekte Weiterleitung
- Routing-Informationen für jedes Gerät überall



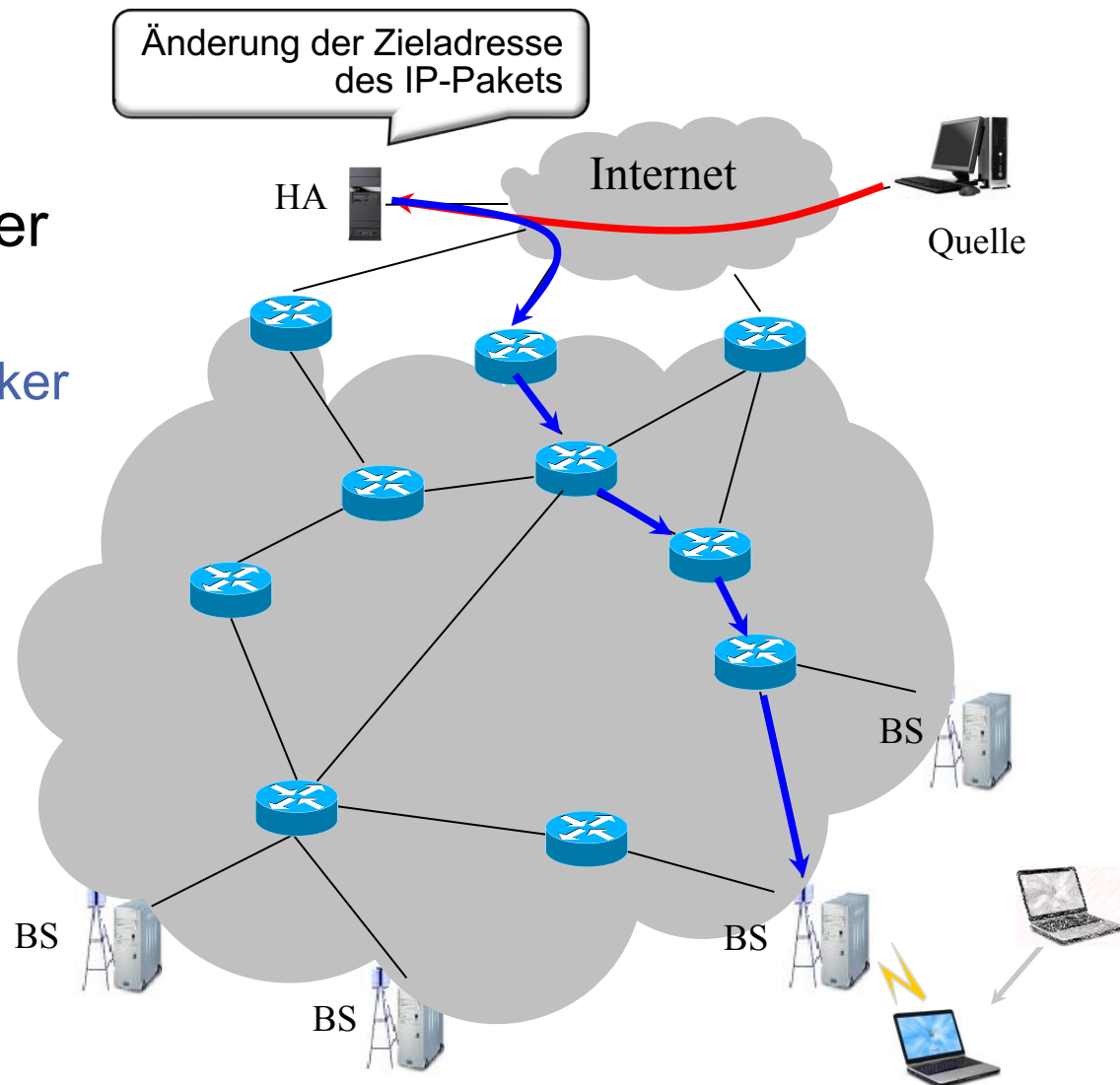
Spezifische Routen pro Gerät

- Änderung der Routing-Tabelle-Einträge für korrekte Weiterleitung
- Routing-Informationen für jedes Gerät überall
 - Skaliert nicht für große Netze
 - Sicherheitsprobleme durch Aktualisierungen der Routingtabelle



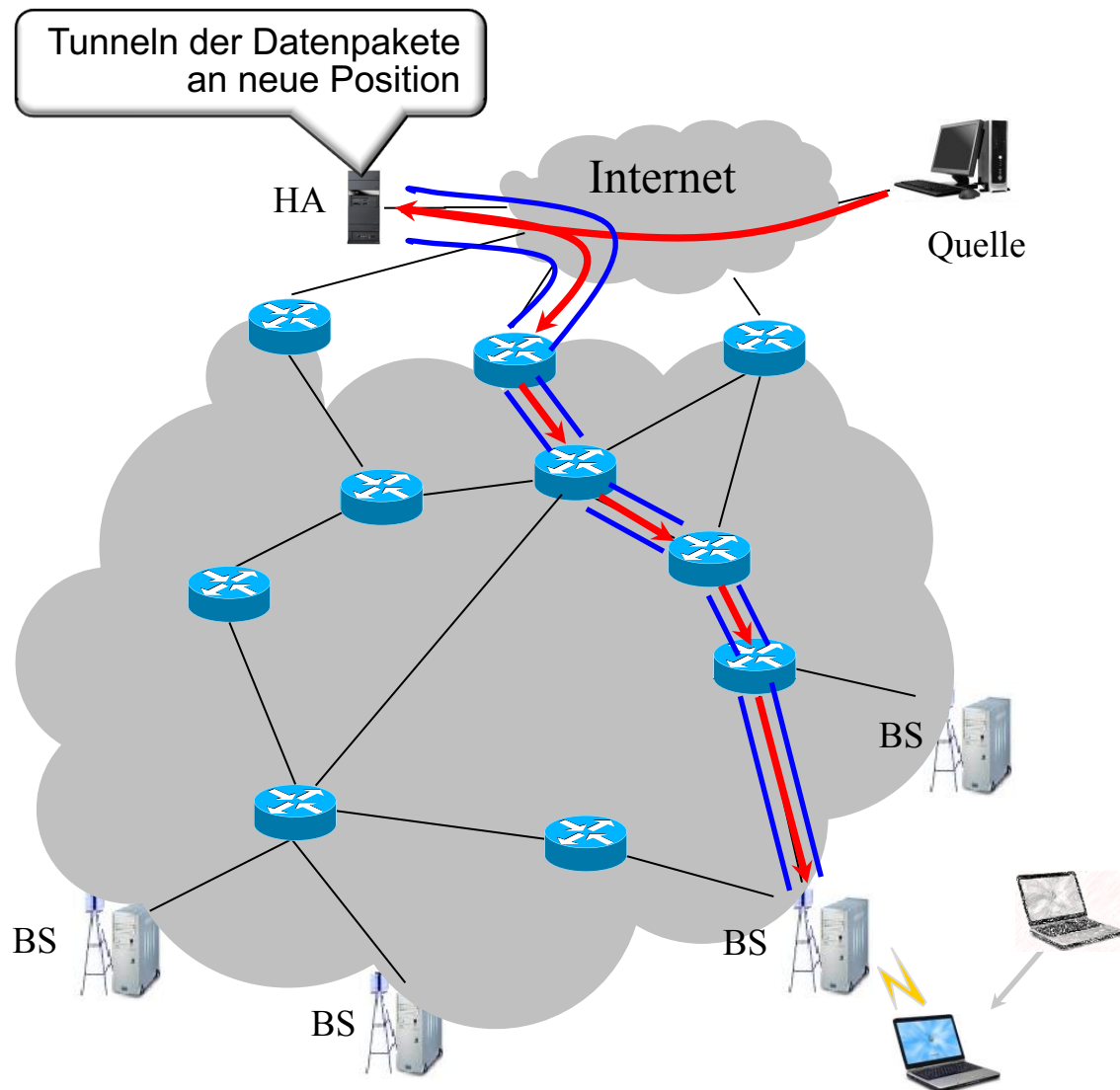
Modifikation der Zieladresse

- Anpassung der Zieladresse entsprechend aktueller Position
 - Benötigt Mobilitätsanker (Home Agent)
 - Probleme durch Adresswechsel auf höheren Schichten
 - Sicherheitsprobleme



Tunneln

- Weiterleitung der Pakete in einem „neuen“ Paket
 - Quell- und Zieladresse im „inneren“ Paket bleiben erhalten
 - Transparent für höhere Schichten
 - Benötigt Mobilitätsanker (Home Agent)
 - Sicherheitsprobleme



- Kommunikation mit mobilem Gerät erfordert
 - Positionsmanagement
 - Wo ist das mobile Gerät (mit dem Netz verbunden)?
 - Zielkonflikt zwischen Aufwand für Suche und Aufwand für Positionierungen
 - Hierarchie von Registern und Positionierungsbereichen
 - Handover
 - Wechsel in „bessere“ Zelle
 - Bsp. WLAN: Finden der besseren Zelle durch aktives / passives Scannen
 - (Re-)Routing
 - Datenpakete müssen mobiles Gerät erreichen
 - Schwierig wegen Doppelfunktion der IP-Adressen
 - Lösungsansätze Ändern von Routing-Informationen im Netz, Änderung der Zieladresse im Paket, Tunneln

- 4.1 Was muss in jedem Fall sichergestellt sein, um die Kommunikation mit einem mobilen Gerät zu gewährleisten?
- 4.2 Wie kann mit veralteten Positionsdaten im HLR umgegangen werden?
- 4.3 Wie wird dem „Single Point of Failure“-Problem im Falle des LR begegnet?
- 4.4 Welches sind die Hauptgründe für einen Handover zwischen Zellen?
- 4.5 Was sind die Vor- und Nachteile von aktivem bzw. passivem Scanning?
- 4.6 Warum ist Mobilität für etablierte Datenverbindungen (auf Transportschicht) problematisch?
- 4.7 Welche Lösungsansätze gibt es für Mobilität im Internet Routing?

Referenzen und weiterführende Literatur

- [4.1] K. Rothermel, B. Koldehofe, Vorlesung Mobile Computing SS 2011,
http://www.ipvs.uni-stuttgart.de/abteilungen/vs/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/SS11/Mobile_Computing
- [4.2] J. Kurose and K. Ross: Computer Networking – A Top-Down Approach. 7th ed., Pearson, 2016. (Kapitel 6)