

Kapitel 3 – Medienzugriff

Vorlesung Mobilkommunikation Wintersemester 2016/17
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

Grundlegendes Problem



- Mehrere Stationen konkurrieren um Zugriff auf dieselbe geteilte Ressource (Medium)

■ Multiplexen

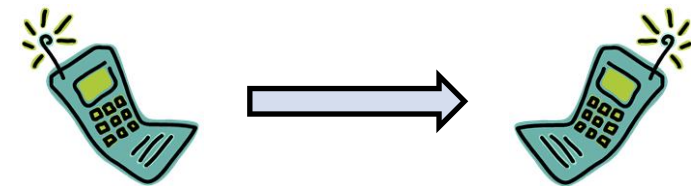
- Mehrfachnutzung eines Mediums
- In vier Dimensionen möglich
 - Raum (r),
 - Zeit (t),
 - Frequenz (f) und
 - Code (c)

Punkt-zu-Punkt Kommunikation

- Zwei Stationen kommunizieren miteinander
- Kommunikationsrichtung

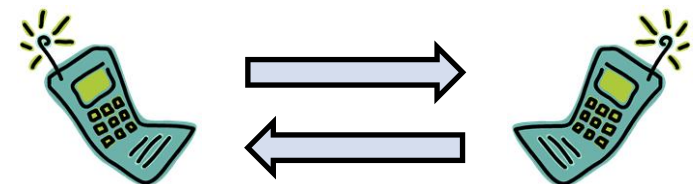
- Simplex

- Übertragung in einer Richtung



- Halb-Duplex

- Übertragung in beide Richtungen
 - Nicht zeitgleich



- Duplex

- Übertragung in beide Richtungen
 - zeitgleich



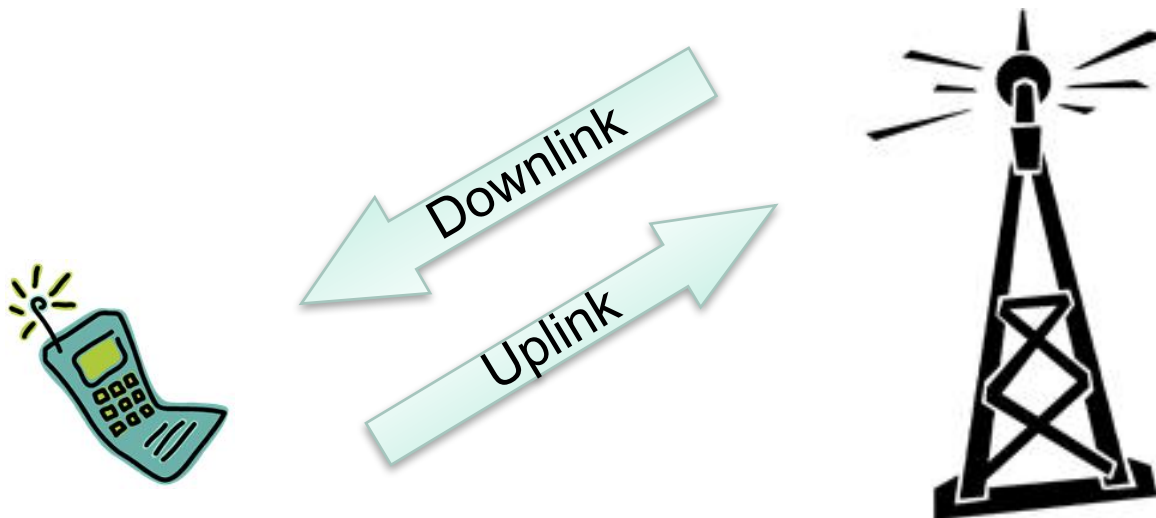
Duplex-Kommunikation

■ Uplink

- Kommunikation vom Endgerät in Richtung Netz

■ Downlink

- Kommunikation vom Netz in Richtung Endgerät



Duplex-Kommunikation

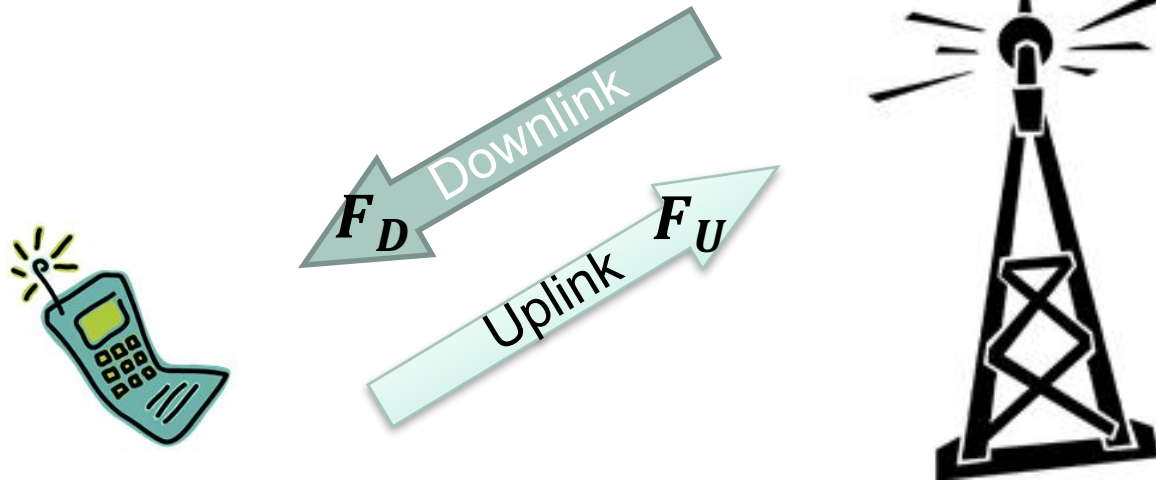
■ Frequency division duplex (FDD)

- Frequenzmultiplex
- Verschiedene Frequenzen je Übertragungsrichtung

■ Time division duplex (TDD)

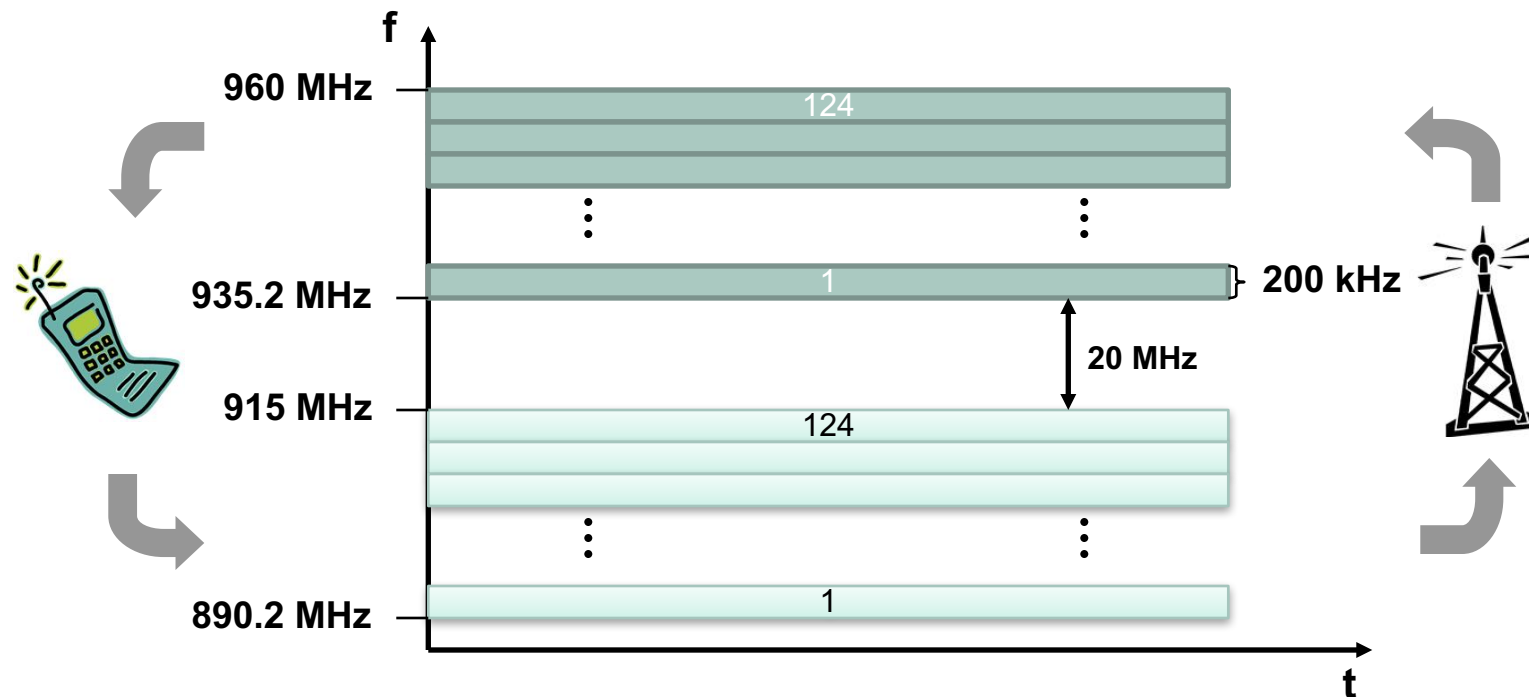
- Zeitmultiplex
- Verschiedene Zeitpunkte je Übertragungsrichtung

Frequency Division Duplex

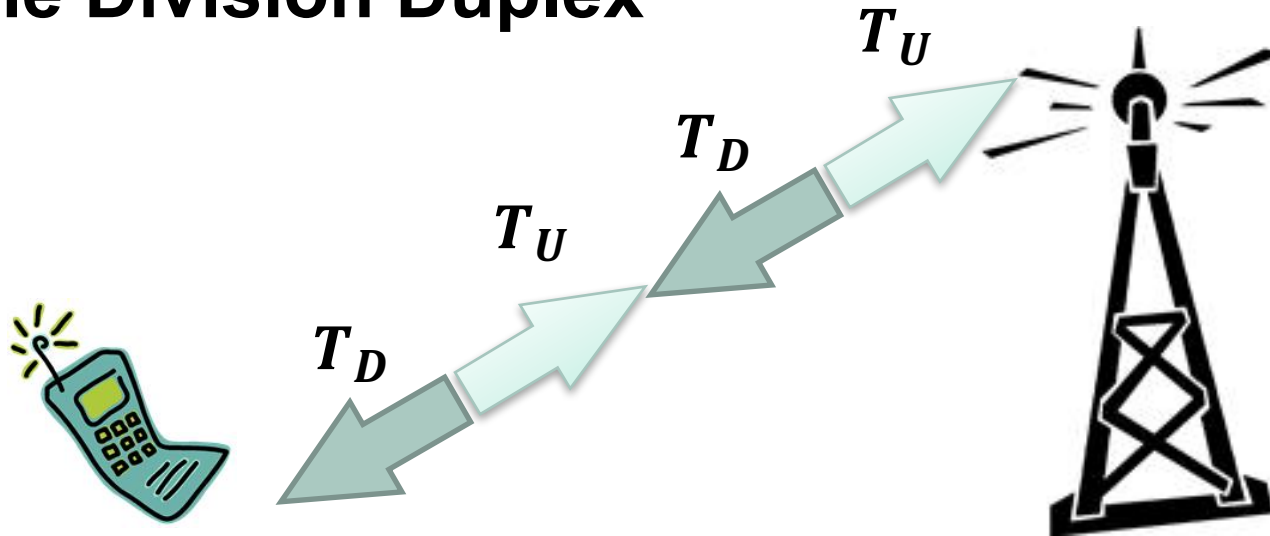


- Getrennte Frequenzen für Up- und Downlink
 - + Keine Interferenzen zwischen Up- und Downlink
 - Keine Unterstützung von asymmetrischem Datenverkehr
- Beispiele
 - UMTS, GSM, IS-95, AMPS

Beispiel: FDD in GSM

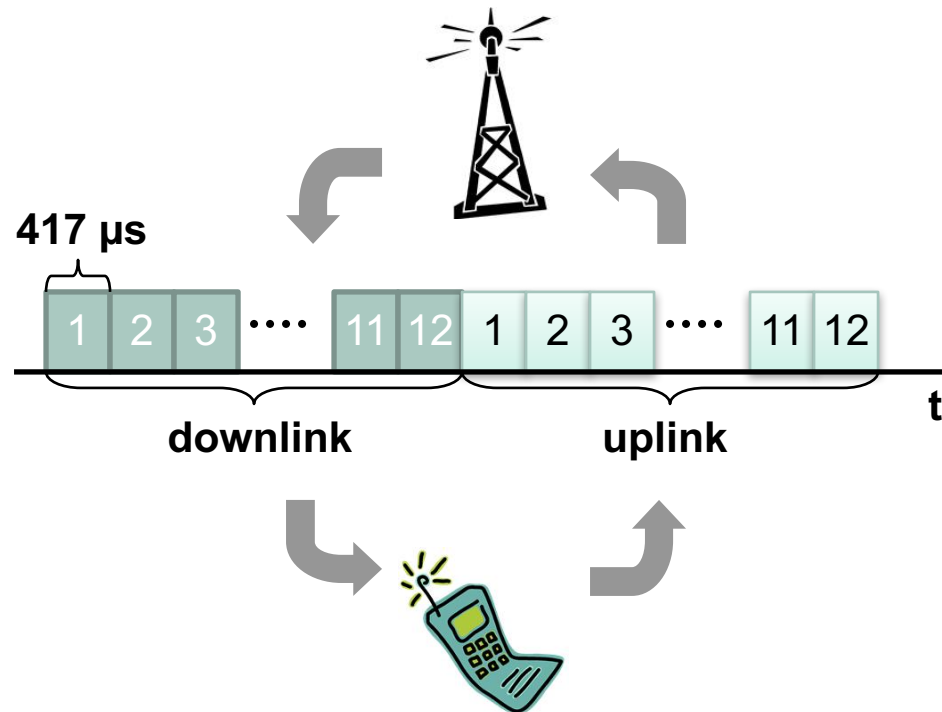


Time Division Duplex



- Getrennte Zeitschlitz für Up- und Downlink
 - + Unterstützung von asymmetrischem Datenverkehr
 - Vermischung von Interferenzen auf UP- und Downlink
- Beispiele
 - DECT, WLAN, UMTS (TDD)

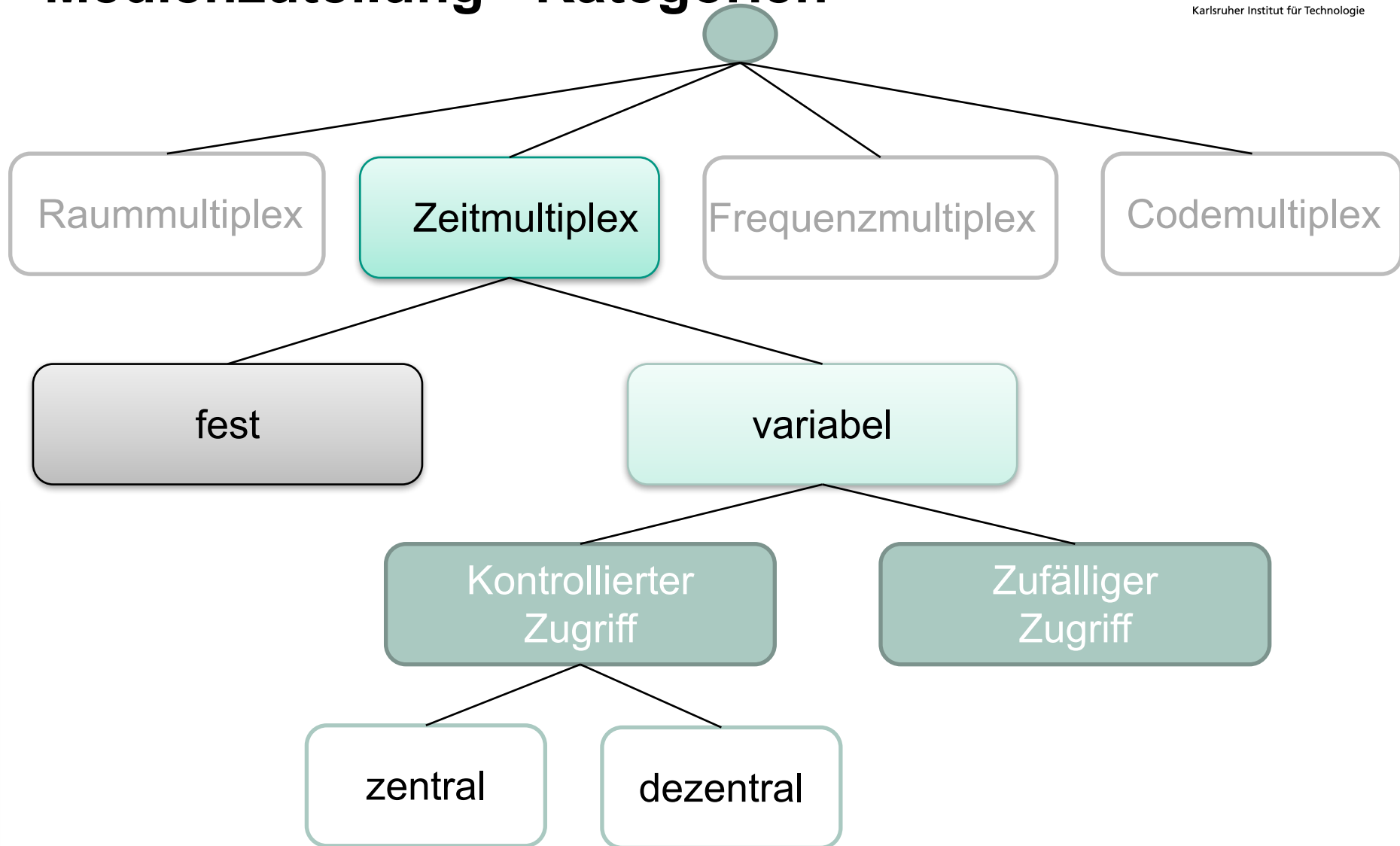
Beispiel: TDD in DECT



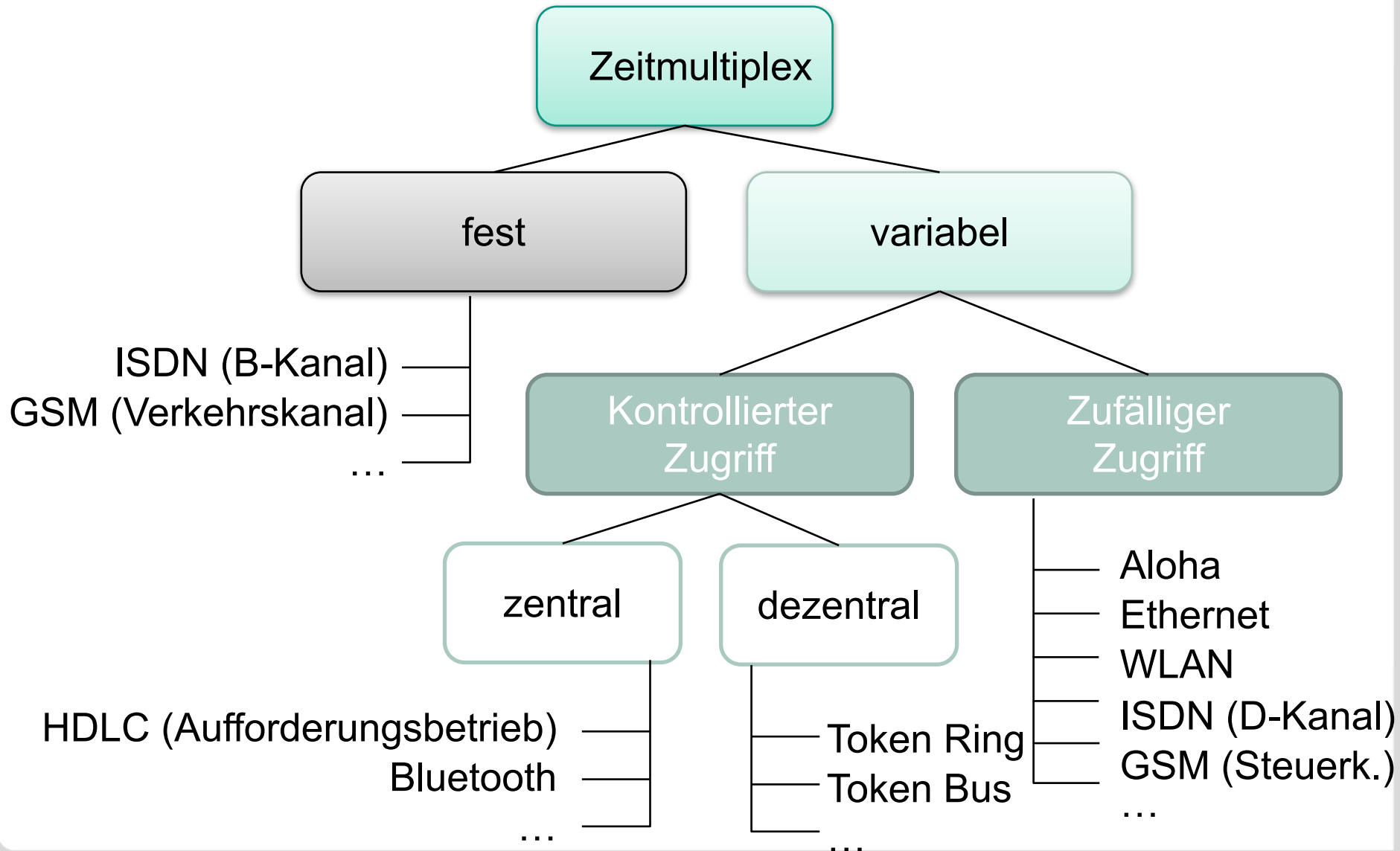
■ Verwendet

- Zeitduplex (Uplink, Downlink)
- Fest zugeordnete Zeitschlitze im Uplink und Downlink

Medienzuteilung - Kategorien



Medienzuteilung - Beispielnetze



Medienzuteilung

■ Synchron

- Einteilung des Kanals in Zeitschlitzze
 - Zugriff jeweils zu Beginn eines Zeitschlitzes
→ Alle Stationen müssen zeitlich synchronisiert sein
- Beispiele
 - Slotted Aloha, ISDN B-Kanal

■ Asynchron

- Zugriff auf den Kanal zu beliebigem Zeitpunkten möglich
- Beispiele
 - Aloha, Ethernet, Token Ring

... im folgenden einige Beispiele grundlegender Verfahren

Aloha

■ Das erste MAC-Protokoll für paketbasierte *drahtlose* Netze

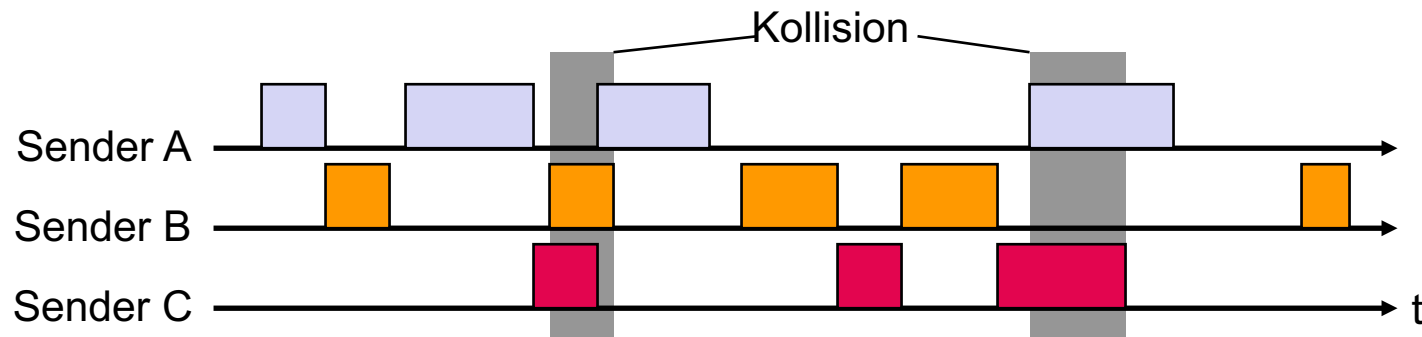
■ Medienzuteilung

- Zeitmultiplex, variabel, zufälliger Zugriff
- **Asynchroner** Zugriff

■ Problem

- Kollisionen möglich
- Kollisionserkennung: Bestätigungen durch höhere Schichten notwendig

■ Schema



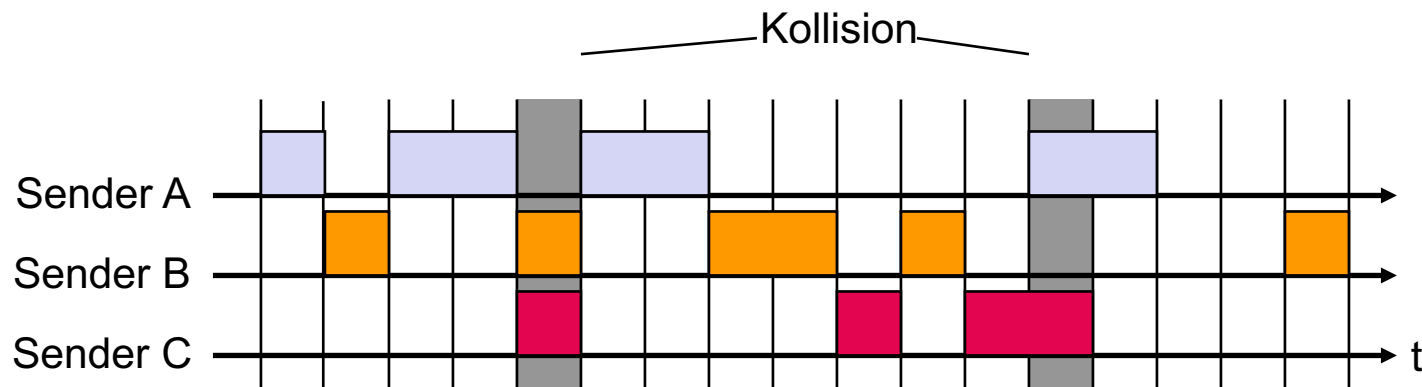
Slotted Aloha

■ Wie Aloha, *aber*

- zusätzlich Nutzung von Zeitschlitzzen
 - *Synchroner* Zugriff nur zu Beginn eines Zeitschlitzes
- Im Mittel weniger Kollisionen als Aloha

■ Einsatzbeispiel

- GSM, UMTS, LTE (Steuerkanal „Random Access Channel“)



Demand Assigned Multiple Access

■ Ziel

- Verbesserung von Aloha durch Vorabreservierungen
... auch als **Reservation Aloha** bezeichnet

■ Unterscheidung von zwei Phasen

■ Reservierungsphase

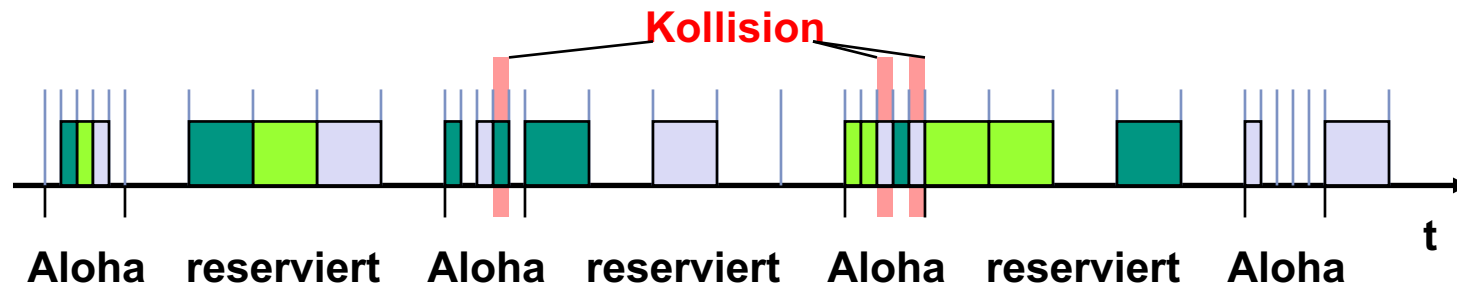
- Variabler, zufälliger Zugriff auf (kurze) Reservierungszeitschlitz
 - Synchron (Slotted Aloha)
- Kollisionen möglich

■ Datenübertragungsphase

- Fester Zugriff auf zuvor explizit reservierte Datenzeitschlitz
- Keine Kollisionen möglich
- Ohne explizite Reservierung des entsprechenden Datenzeitschlitzes können keine Daten gesendet werden
→ **explizites Reservierungsverfahren**

Demand Assigned Multiple Access

■ Schema



■ Problem

- Alle Stationen müssen konsistente Sicht auf Reservierungen haben!

Packet Reservation Multiple Access

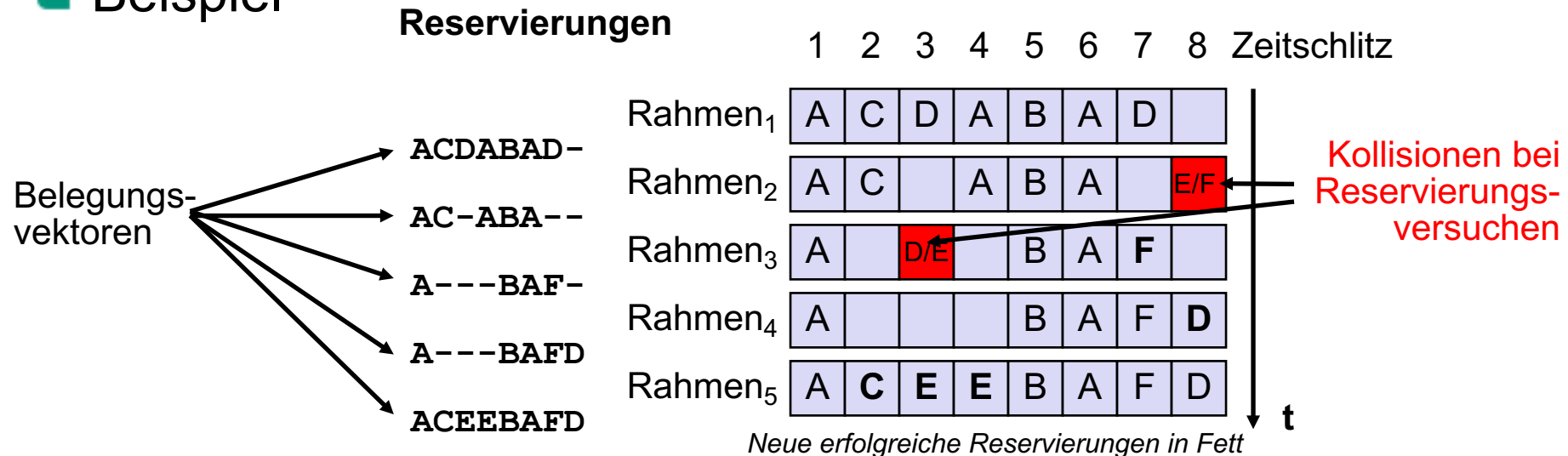
■ Ziel

- Reservierung über einen längeren Zeitraum

■ Strukturierung

- Bildung von **Rahmen**, die periodisch gesendet werden
 - Zeitmultiplex der Rahmen
 - Mehrere **Zeitschlitze** pro Rahmen, ebenfalls Zeitmultiplex

■ Beispiel



Packet Reservation Multiple Access

■ Vorgehensweise

- Alle Stationen kennen Belegungsvektor
 - Z.B. „AC-ABA--“
 - Gesendet durch Basisstation oder ermittelt durch Carrier Sense
 - Freie Zeitschlitz im Belegungsvektor
 - Variabler, zufälliger Zugriff, synchron (Slotted Aloha)
 - Bei Kollision neuer Versuch in späterem Rahmen
 - Kollision erkennbar aus auf Zugriff folgenden Belegungsvektor
 - Erfolgreiche Station erhält Reservierung solange Daten zum Senden vorhanden
 - Zeitschlitz in den nachfolgenden Rahmen kann ohne explizite Reservierung genutzt werden
- implizites Reservierungsverfahren

Packet Reservation Multiple Access

- Erläuterung zu Beispiel auf Folie 18
 - Stationen (hier A-F) konkurrieren um freie Zeitschlitzze
 - Rahmen 2
 - Stationen A nutzt reservierte Zeitschlitzze 1, 4, 6 weiter
 - Station B nutzt reservierten Zeitschlitz 5 weiter
 - Station C nutzt reservierten Zeitschlitz 2 weiter
 - Station D gibt reservierte Zeitschlitzze 3 und 7 frei
 - Kollision der Stationen E und F in freiem Zeitschlitz 8
 - Rahmen 3
 - Station A nutzt reservierte Zeitschlitzze 1, 6 weiter
 - Station B nutzt reservierten Zeitschlitz 5 weiter
 - Station A gibt reservierten Zeitschlitz 4 frei
 - Station C gibt reservierten Zeitschlitz 2 frei
 - Kollision der Stationen D und E in freiem Zeitschlitz 3
 - Erfolgreiche Reservierung der Station F in freiem Zeitschlitz 7
 - Rahmen 4
 - Station A nutzt reservierte Zeitschlitzze 1, 6 weiter
 - Station B nutzt reservierten Zeitschlitz 5 weiter
 - Station F nutzt reservierten Zeitschlitz 7 weiter
 - Erfolgreiche Reservierung der Station D
 - usw.

Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- Sender hört Medium zu Beginn der Übertragung ab 
 - Überprüft Energiepegel
 - Medienzugriff erfolgt nur, wenn das Medium derzeit ungenutzt ist
 - Problem: Sender besitzt nur eine rein lokale Sicht
- Varianten
 - Non-persistentes CSMA
 - Falls Kanal belegt, nach zufälliger Zeitspanne noch einmal versuchen
 - (1-)Persistentes CSMA
 - Senden, sobald Kanal frei ist
 - p-persistentes CSMA
 - Kanal ist in (logische) Zeitschlitz eingeteilt. Falls Kanal frei, mit Wahrscheinlichkeit $0 < p < 1$ senden, andernfalls in späterem Zeitschlitz noch einmal versuchen

Ansätze zur Kollisionsvermeidung

- Kollisionsvermeidung durch **Out-of-Band Signalisierung**
 - Dadurch keine Self-Interference
 - Nachteil: Es muss ein weiterer Kanal belegt werden
- Beispiele
 - **Busy Tone Multiple Access (BTMA)**
 - Jeder, der andauernde Übertragung auf Datenkanal hört, sendet „Busy Tone“ auf einem anderen Übertragungskanal (Kontrollkanal)
 - Alle Geräte im 2-hop Umkreis einer aktiven Station warten
 - Keine versteckten Endgeräte, aber viele ausgelieferte Endgeräte
 - **Receiver Initiated Busy Tone Multiple Access (RI-BTMA)**
 - Nur Empfänger sendet „Busy Tone“
 - Kaum ausgelieferte Endgeräte, aber Busy Tone kann erst gesendet werden, wenn Empfänger Übertragungswunsch dekodiert hat

Ansätze zur Kollisionsvermeidung

■ Kollisionsvermeidung durch In-Band Signalisierung

- Kontrollnachrichten auf gleichem Kanal wie Datenübertragung

■ Beispiel

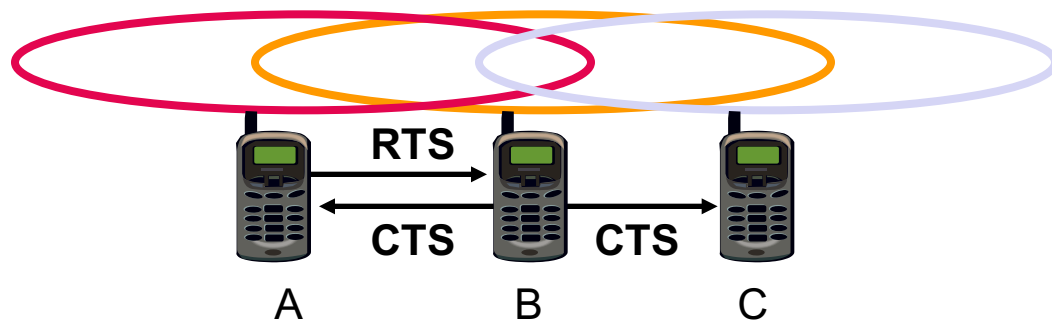
■ Multiple Access with Collision Avoidance (MACA)

- Drei-Wege-Handshake minimiert Anzahl versteckter Endgeräte
- Sender sendet kurze Request to Send (RTS) Dateneinheit
- Empfänger antwortet mit Clear to Send (CTS) Dateneinheit
- Sender sendet Daten
- Während Handshaking-Phase können noch Kollisionen auftreten!
 - Aber mit geringerer Wahrscheinlichkeit, da RTS/CTS sehr klein

Beispiel: RTS-CTS Handshake

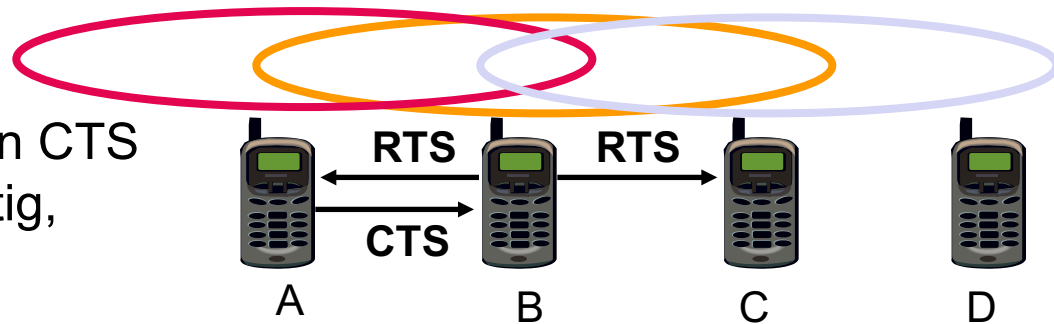
■ Vermeidung des Problems versteckter Endgeräte

- A und C wollen zu B senden
- A sendet zuerst RTS
- B antwortet mit
 - CTS teilt Dauer der Belegung mit
- C wartet, da es das CTS von B hört



■ Vermeidung des Problems „ausgelieferter“ Endgeräte

- B will zu A, C zu D senden
- C empfängt RTS aber kein CTS
- C wartet nicht mehr unnötig, da es das CTS von A nicht empfängt



- Zugriff auf geteiltes drahtloses Medium ist wichtiges Problem der Mobilkommunikation

- Verschiedene Multiplexverfahren im Einsatz

... im folgenden auf Verfahren für den Zeitmultiplex konzentriert

- Aloha / Slotted Aloha

- Grundlegendes einfaches Verfahren
 - Interessant in Kombination mit Reservierungsverfahren
 - Kollision nur bei der Reservierung, nicht bei der eigentlichen Datenübertragung

- Multiple Access with Collision Avoidance

- Behandlung versteckter und ausgelieferter Endgeräte
 - RTS/CTS Handshake
 - Kollisionen von Kontrollnachrichten möglich

- 3.1 Warum wird in drahtlosen Netzen kein CSMA/CD verwendet?
- 3.2 Nennen Sie verschiedene Typen von Duplex-Links.
- 3.3 Was sind Vor- und Nachteile von Frequency-Division-Duplex bzw. Time-Division-Duplex?
- 3.4 Wie können Medienzugriffsprotokolle klassifiziert werden?
- 3.5 Was ist der Vorteil von Slotted Aloha gegenüber „reinem“ Aloha?
- 3.6 Welchen Vorteil bringt die Aufteilung in Reservierungs- und Datenzeitschlitze in Reservation Aloha?
- 3.7 Erläutern Sie den Unterschied zwischen impliziter und expliziter Reservierung.
- 3.8 Wie kann den Problemen von versteckten bzw. ausgelieferten Endgeräten begegnet werden?

Referenzen und weiterführende Literatur

- [3.1] J. Schiller; Mobilkommunikation; Addison-Wesley, 2003
Kapitel 3 – Medienzugriffsverfahren
- [3.2] A. Chandra, V. Gummalla, J. Limb, Wireless Medium Access Control Protocols, IEEE Communications Surveys & Tutorials,
www.comsoc.org/livepubs/surveys/public/2q00issue/gummalla.html, 6/2000
- [3.3] I. Stojmenovic, ed., Handbook of Wireless Networks and Mobile Computing – Kapitel 6: Wireless Media Access Control, John Wiley & Sons, February 2002