

Vorlesung Einführung in Rechnernetze

6. Sicherungsschicht: Lokale Netze

Prof. Dr. Martina Zitterbart

Dipl.-Inform. Martin Florian, Markus Jung (M.Sc.), Matthias Flittner (M.Sc.)
[zitterbart | florian | m.jung | flittner]@kit.edu

Institut für Telematik, Prof. Zitterbart



© Peter Baumung

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

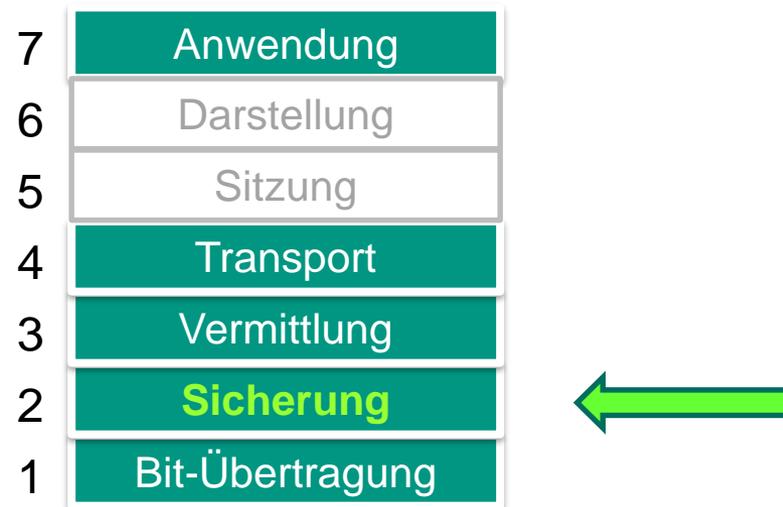
1. Einführung und Aufgaben
2. Medienzugriff
3. Ethernet
4. Weitere Entwicklungen

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

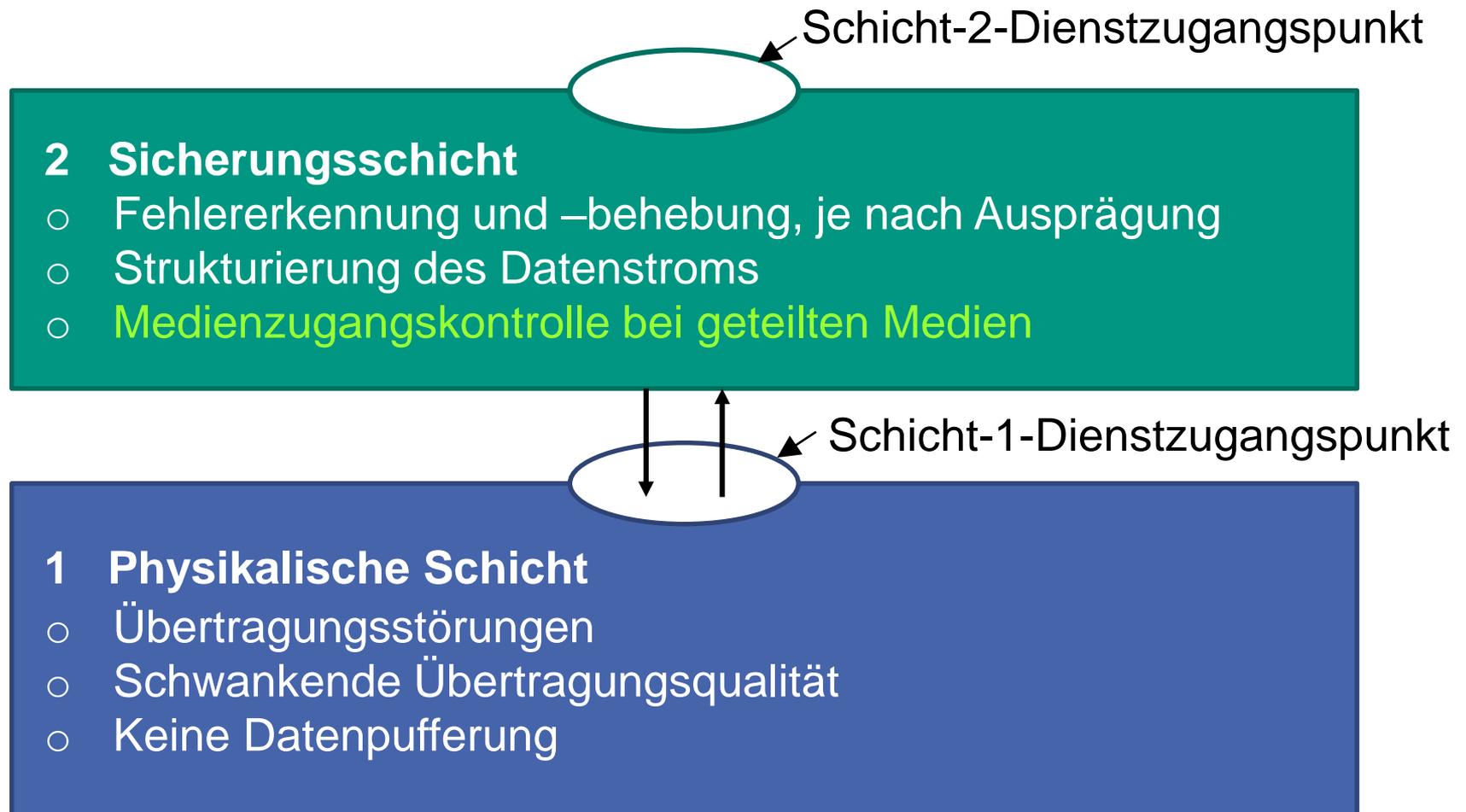
1. Einführung und Aufgaben
2. Medienzugriff
3. Ethernet
4. Weitere Entwicklungen

Einordnung

- Wir befinden uns auf Schicht 2 des OSI-Referenzmodells



6.1 Aufgaben der Sicherungsschicht



■ Typische Aufteilung in lokalen Netzen

2b Logical Link Control (LLC), z.B. (einheitlich für alle Medien)

- Strukturierung der Übertragung
- Sicherung vor Übertragungsfehlern
- Sicherung vor Datenverlust
- Sicherung der Reihenfolge
- Flusskontrolle

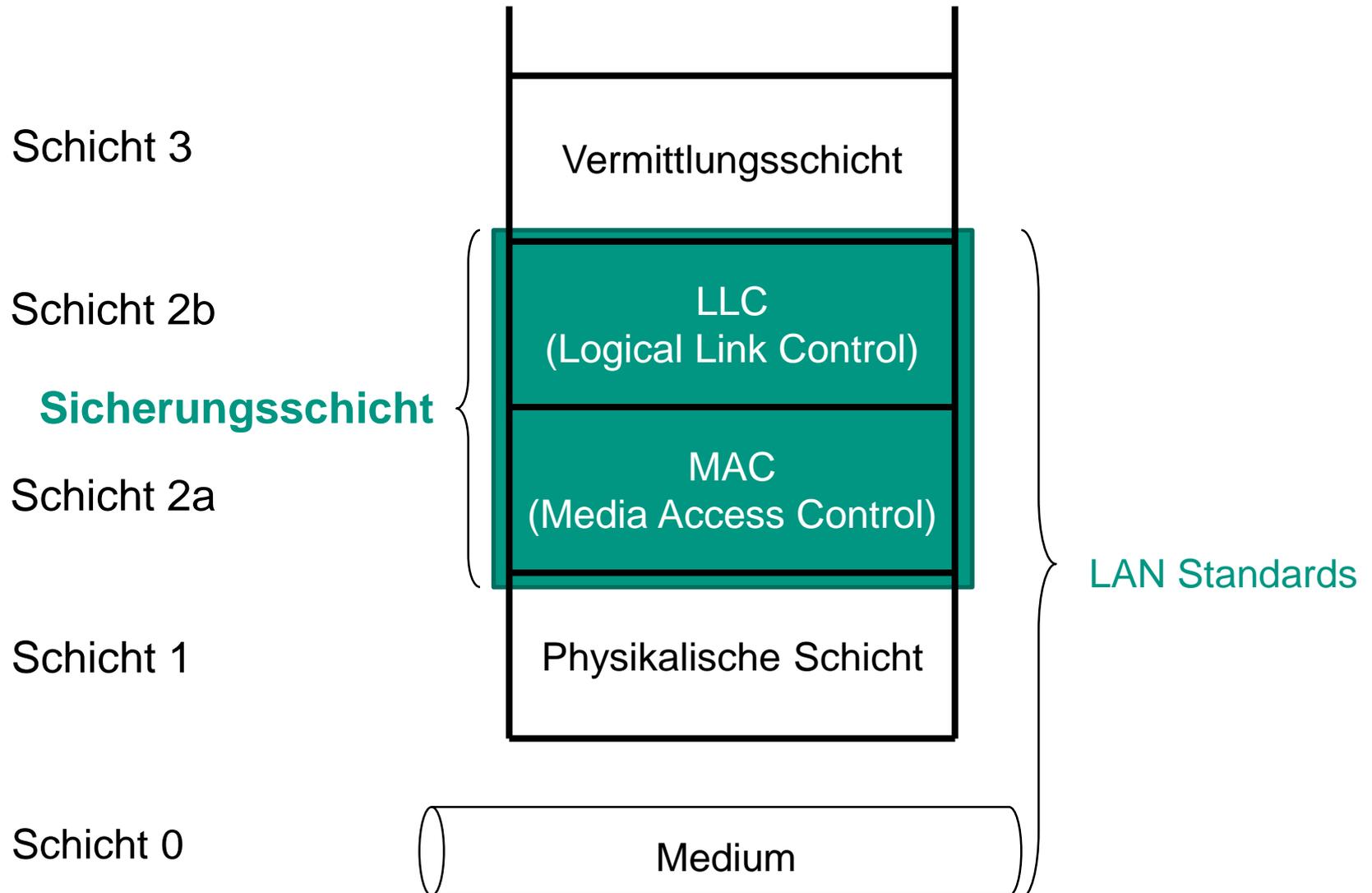
2a Medium Access Control (MAC) (Zugangskontrolle für geteiltes Medium)

- Zufälliger Zugriff
- Kollisionsfreier, kontrollierter Zugriff

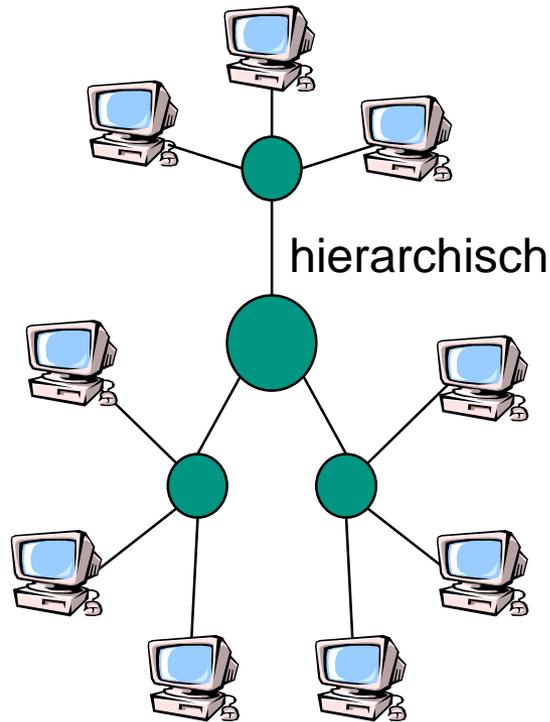
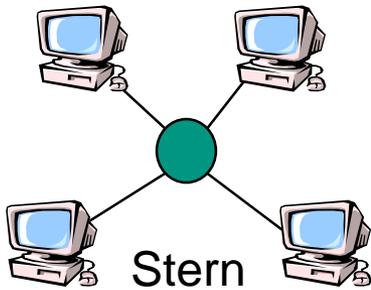
■ Genaue Aufgaben variieren je nach System

- Z.B. zuverlässiger oder unzuverlässiger Dienst der LLC-Schicht

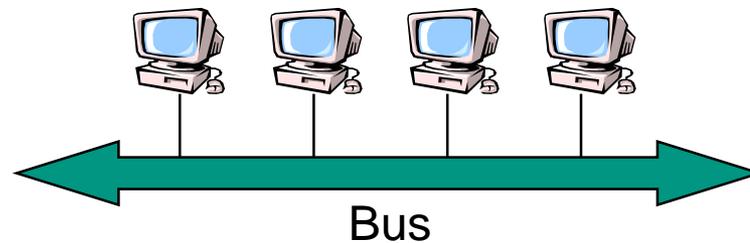
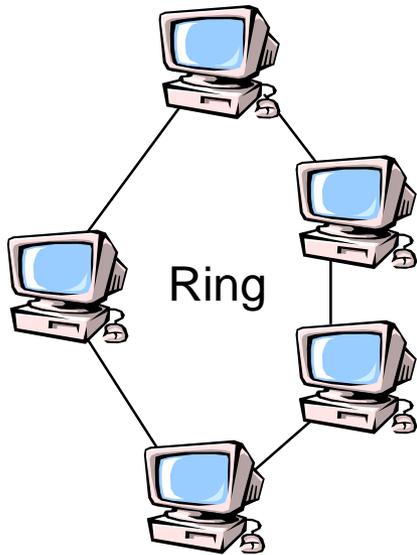
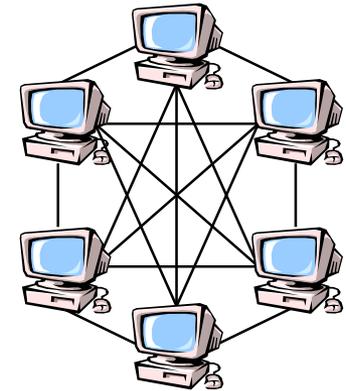
Einordnung lokaler Netze



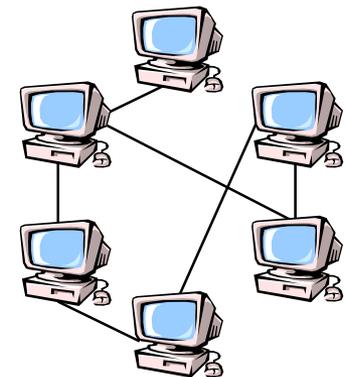
Topologien lokaler Netze



vollvermascht



teilvermascht



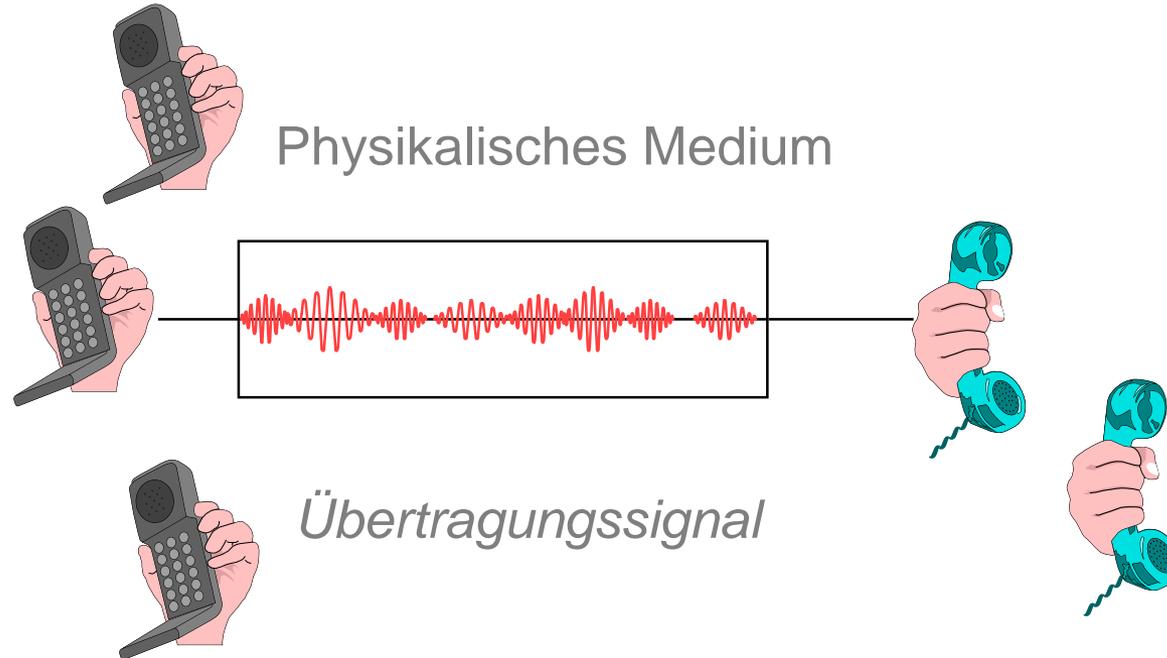
Inhalt des Kapitels

- Welche Topologien wurden/werden verwendet?
- Welche Medienzugriffsverfahren wurden/werden eingesetzt?
- Welche Komponenten kommen zum Einsatz?
- Welche unterschiedlichen lokalen Netze gibt es?
- Was sind aktuelle Fragestellungen, Entwicklungen und Probleme?

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
- 6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze**
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

1. Einführung und Aufgaben
2. Medienzugriff
3. Ethernet
4. Weitere Entwicklungen

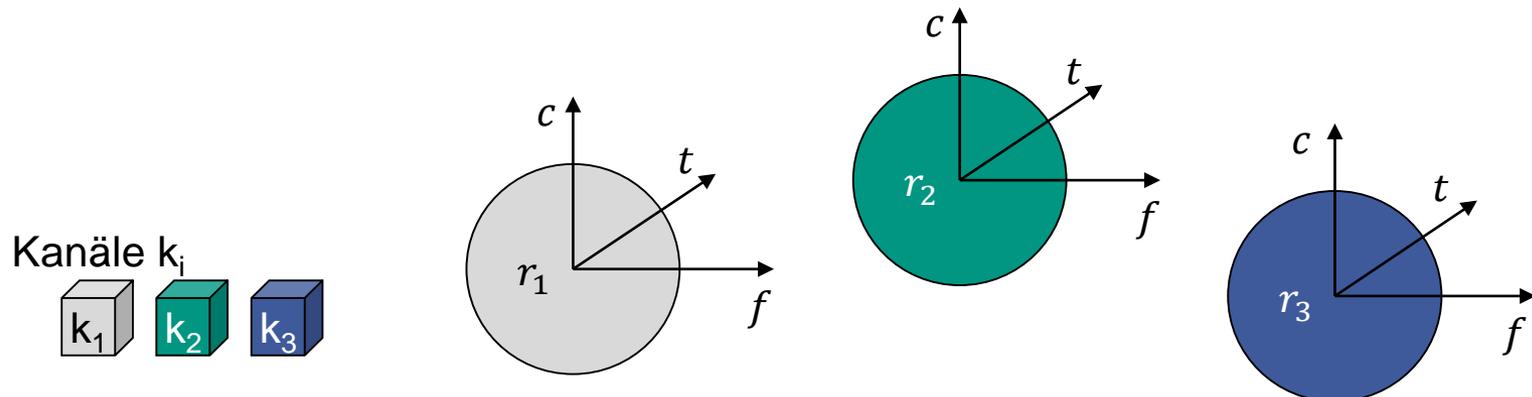
Mehrfachnutzung von Medien



- Mehrfachnutzung eines gemeinsamen Mediums
 - Mehrere Dienstnehmer müssen sich ein gemeinsames Medium teilen
- Multiplexverfahren erforderlich
- Multiplexen ist in vier Dimensionen möglich
 - Raum (r), Zeit (t), Frequenz (f), Code (c)
 - Wichtig: Schutzabstände erforderlich

Raummultiplex (SDMA)

- Einteilung des Raums in Sektoren, gerichtete Antennen
 - Space Division Multiple Access (SDMA)
- „Kupfermultiplex“
 - Zuordnung dedizierter Leitungen
- Vgl. Zellenstruktur von Mobilfunknetzen



Frequenzmultiplex (FDMA)

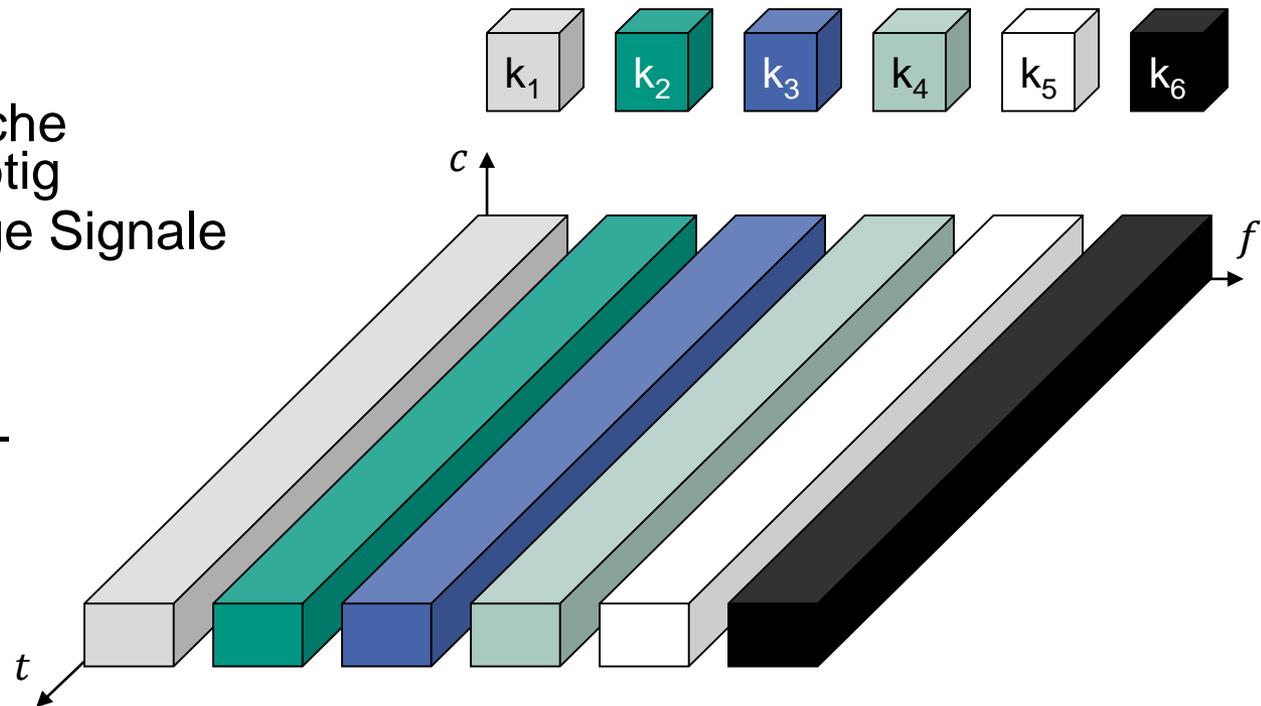
- Gesamte verfügbare Bandbreite wird in einzelne Frequenzabschnitte aufgeteilt
- Übertragungskanal belegt Frequenzabschnitt über gesamten Zeitraum
 - Frequency Division Multiple Access (FDMA)

■ Vorteile

- Keine dynamische Koordination nötig
- Auch für analoge Signale

■ Nachteile

- Bandbreitenverschwendung bei ungleichmäßiger Belastung
- Unflexibel



Zeitmultiplex (TDMA)

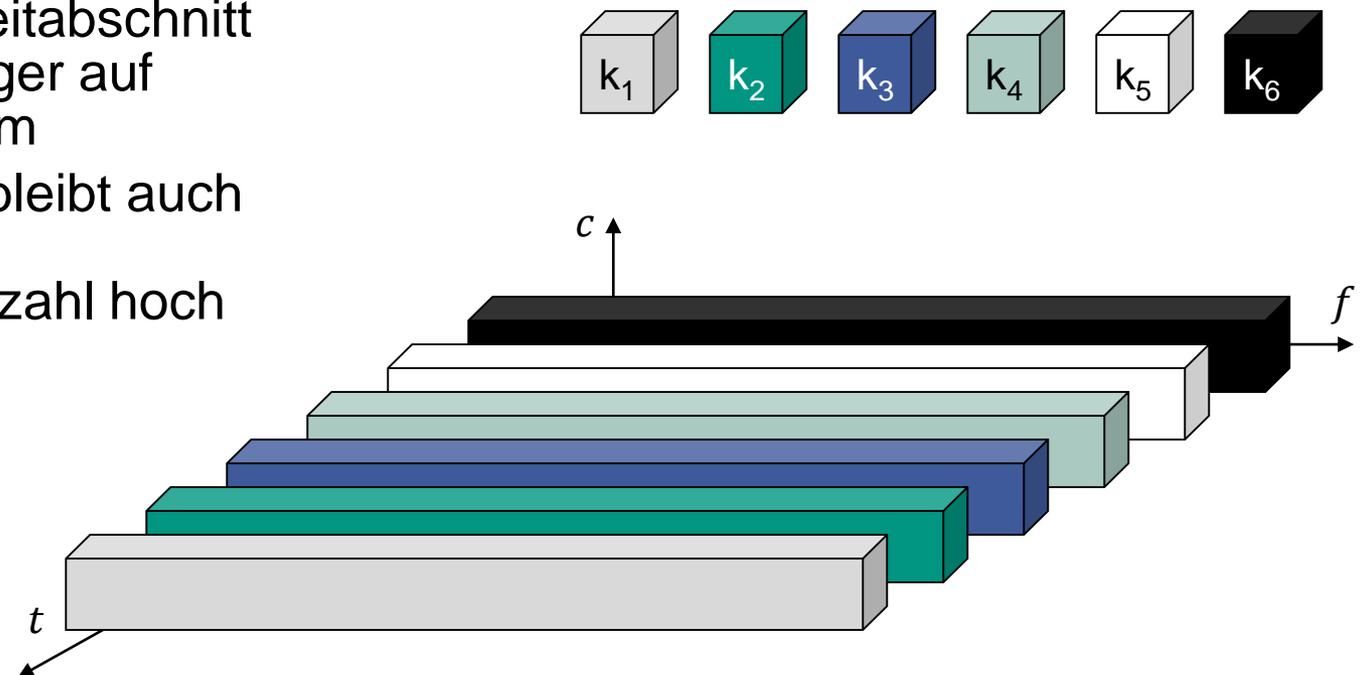
- Kanal belegt gesamten Frequenzraum für einen gewissen Zeitabschnitt
 - Time Division Multiple Access (TDMA)

■ Vorteile

- In einem Zeitabschnitt nur ein Träger auf dem Medium
- Durchsatz bleibt auch bei großer Teilnehmerzahl hoch

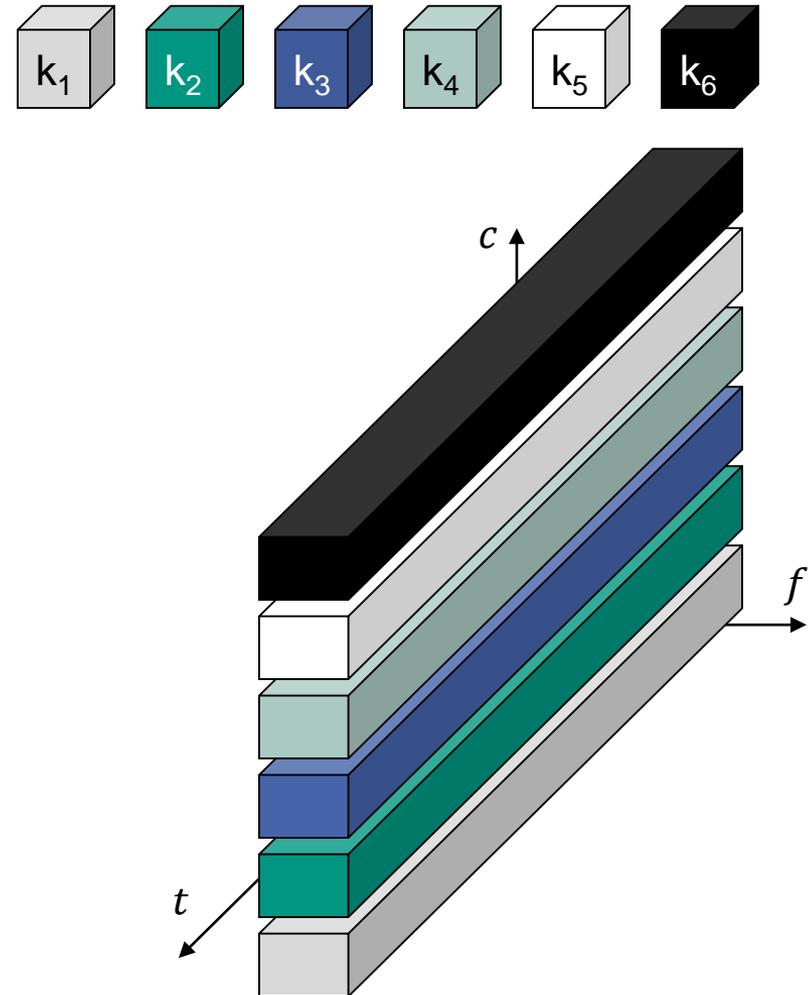
■ Nachteile

- Genaue Synchronisation nötig



Codemultiplex (CDMA)

- Vorgehensweise
 - Alle Stationen operieren zur gleichen Zeit auf derselben Frequenz
 - Signal wird vom Sender mit einer für ihn eindeutigen Pseudozufallszahl verknüpft
 - Empfänger kann mittels bekannter Sender-Pseudozufallsfolge und Korrelationsfunktion das Originalsignal restaurieren
- Nachteil
 - Höhere Komplexität wegen Signalregenerierung
 - Alle Signale müssen beim Empfänger gleich stark ankommen
- Vorteile
 - Keine Frequenzplanung erforderlich
 - Sehr großer Coderaum (z.B. 2^{32}) im Vergleich zum Frequenzraum
 - Vorwärtskorrektur und Verschlüsselung leicht integrierbar
- Realisierung: Spreizspektrumtechnik



Im folgenden arbeiten wir immer mit Zeitmultiplex

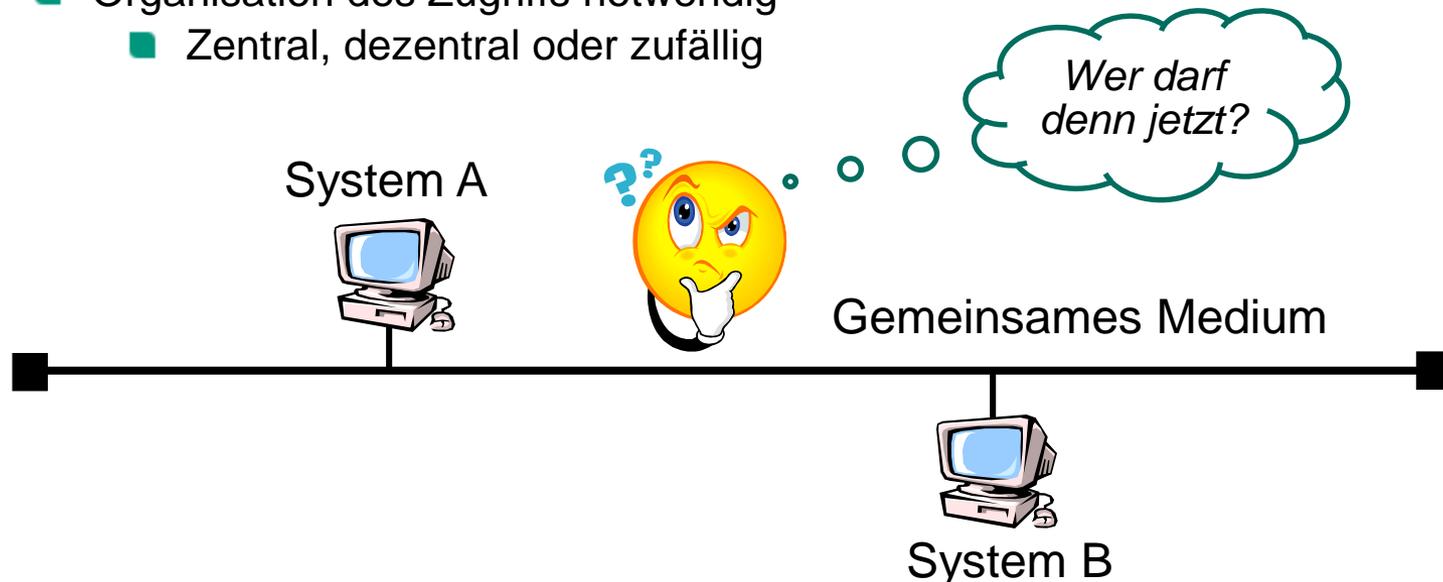
1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
- 6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze**
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

1. Einführung und Aufgaben
2. Medienzugriff
3. Ethernet
4. Weitere Entwicklungen

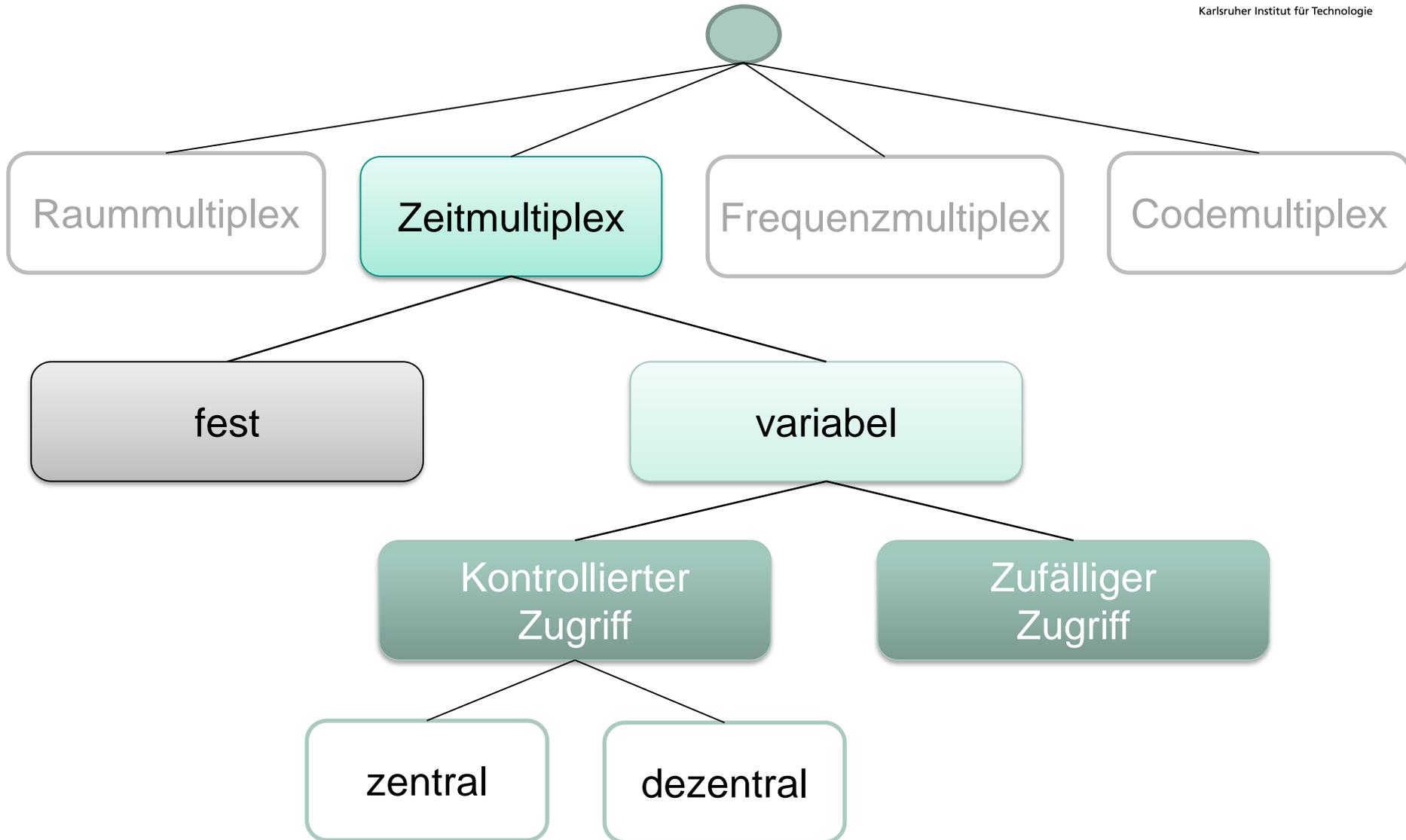
6.2 Medienzugriff

- Unterschiedliche Medien
 - Kabel (Koax, Kupfer, Glasfaser)
 - „Äther“ (drahtlose Netze, Satellitenkommunikation)

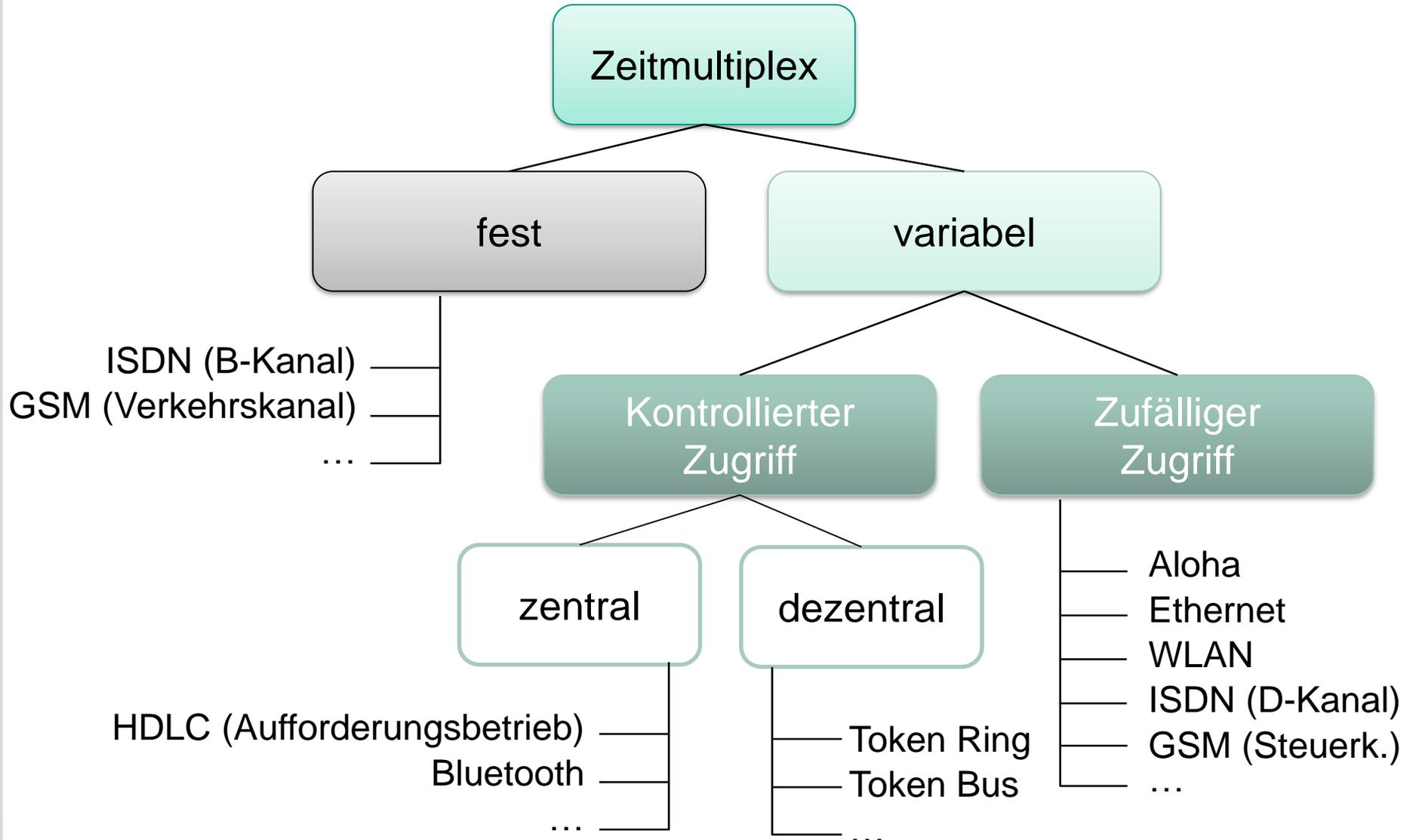
- Varianten
 - Feste Zuteilung des Mediums
 - Feste Zeitslitze, Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (voll-duplex)
 - Konkurrierende Nutzung des Mediums
 - Organisation des Zugriffs notwendig
 - Zentral, dezentral oder zufällig



Medienzuteilung - Kategorien



Medienzuteilung - Beispielnetze



■ Ursprünge

- ALOHAnet der Universität Hawaii: Drahtlose Verbindung der Rechner auf verschiedenen Inseln

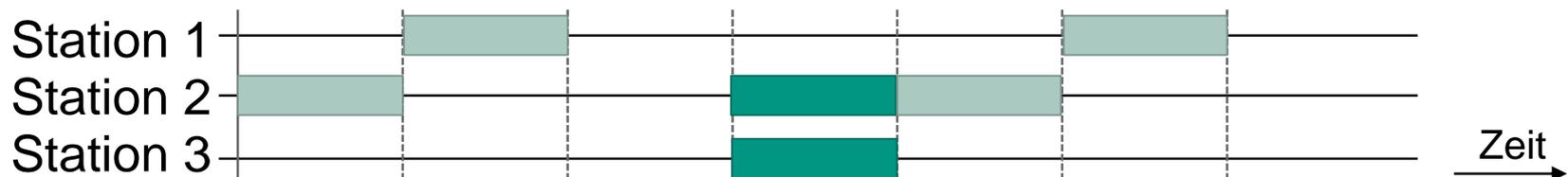
■ Verwendetes Verfahren: Aloha

- Verwendbar bei zufälligen, unabhängigen und seltenen Sendewünschen



■ Verbesserte Variante: Slotted-Aloha

- Erfordert Synchronisation der Knoten



Zufälliger Zugriff: CSMA

■ CSMA: Carrier Sense Multiple Access

■ Listen before Talk

- System prüft vor Senden, ob Medium frei ist

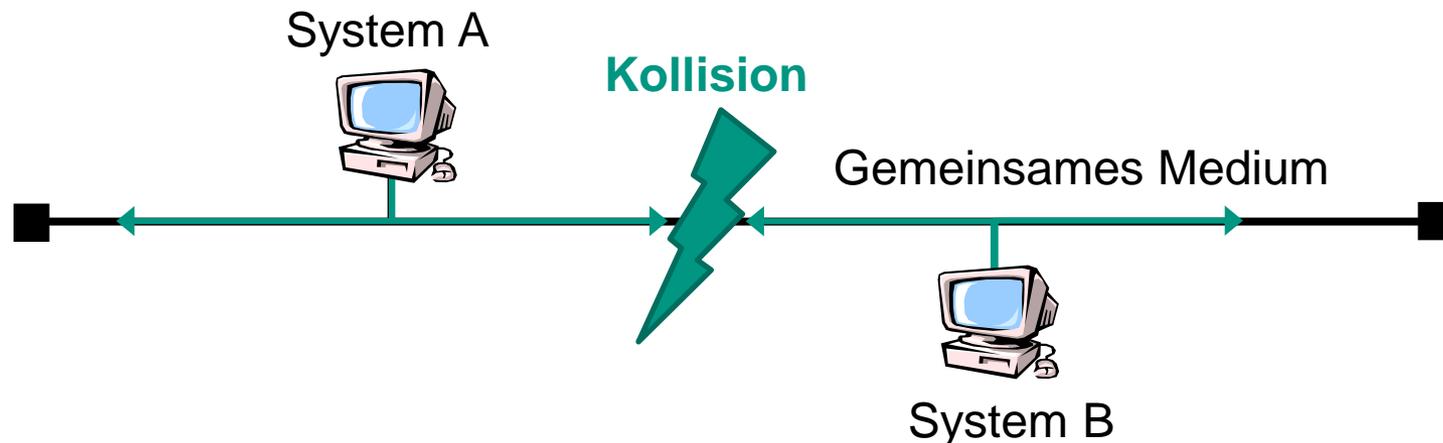
■ Medium belegt

- senden nicht erlaubt, später erneut versuchen

■ Medium frei

- Senden, aber

- Mehrere Systeme können quasi gleichzeitig zu senden beginnen → **Kollisionen**



Zufälliger Zugriff: CSMA/CD

- CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
 - Listen while Talk
 - Kollisionserkennung durch Abhören während des Sendens
 - Im Kollisionsfall
 - Abbruch des Sendens
 - Sendung später erneut versuchen
 - Genaue Regelung von jeweiligem Netz abhängig

■ Umsetzung bei Ethernet

■ Bei Kollisionserkennung

- Abbruch des Sendevorgangs
- Senden von **Jamming-Signal**
- Wiederholtes Sendes regelt **Backoff-Algorithmus** (→ Vorlesung Telematik)

■ Voraussetzungen für Kollisionserkennung

- Senden der Dateneinheit darf nach Signallaufzeit durch Medium und zurück noch nicht beendet sein
- Mindestlänge der Dateneinheiten erforderlich
 - Abhängig von maximaler Ausdehnung des Netzes und Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Bei zu kleiner Dateneinheit: Auffüllen auf Mindestlänge durch (inhaltslose) Stopfbits (**Padding**)



■ Pingo-Link für diese Vorlesung:

→ <http://pingo.upb.de/6466>



<http://pingo.upb.de/>



Beispielablauf

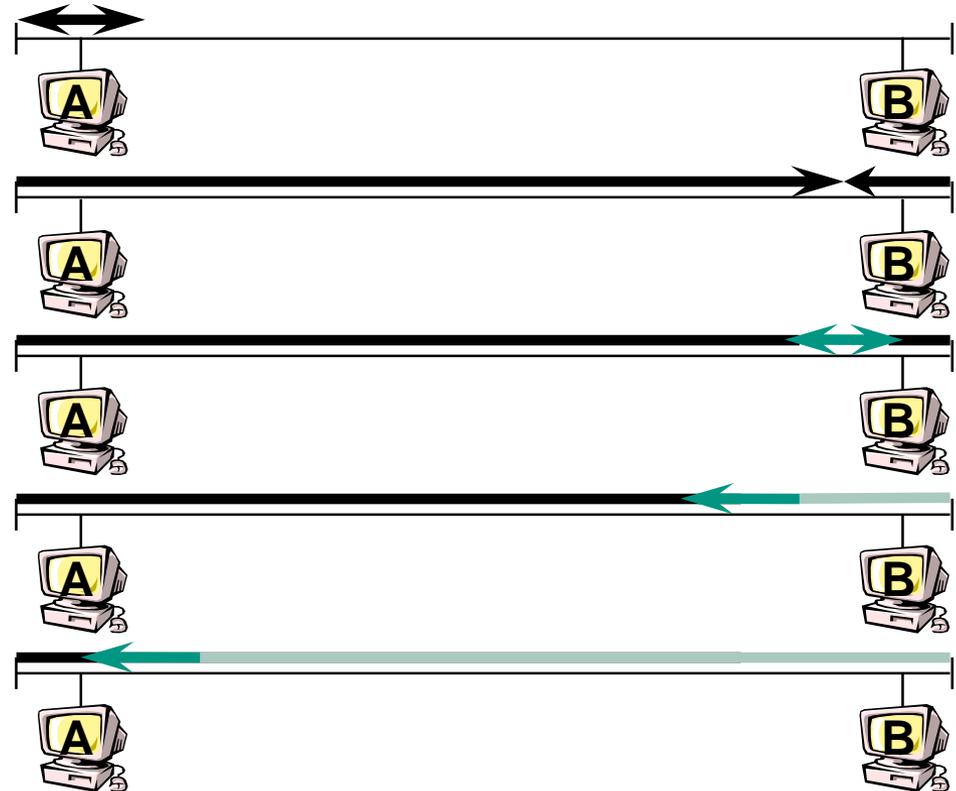
A beginnt Übertragung (t_0)

B beginnt Übertragung ($t_0 + t_a - e$)
(bevor Signal von A eintrifft)

B entdeckt Kollision, stoppt
eigene Übertragung ($t_0 + t_a$)

B schickt Jamming-Signal, B führt
Backoff-Algorithmus aus

A entdeckt Kollision ($t_0 + 2t_a - e$)
A führt Backoff-Algorithmus aus



t_a Signallaufzeit von A nach B (*Ausbreitungsverzögerung*)

$2t_a$ Signallaufzeit von A nach B und zurück (*Zweifache Ausbreitungsverzögerung*)

e Zeitabschnitt zwischen Übertragungsbeginn von B und Kollisionserkennung durch B

Kollisionsfreier Zugriff

- Kontrolle durch zentralen Knoten (**Polling**)
 - Sequentielle Zuweisung des Senderechts
 - Nachteil: koordinierender Knoten notwendig
 - Beispiel: HDLC Aufforderungsbetrieb

- Verfahren ohne zentrale Kontrolle
 - Weitergabe des Senderechts von Knoten zu Knoten (**Token Passing**)
 - Nachteil: Knoten können ausfallen / Zugriff blockieren
 - Beispiel: Token Ring

Kollisionsfreier Zugriff: Token Ring

■ Token Ring (IEEE 802.5)

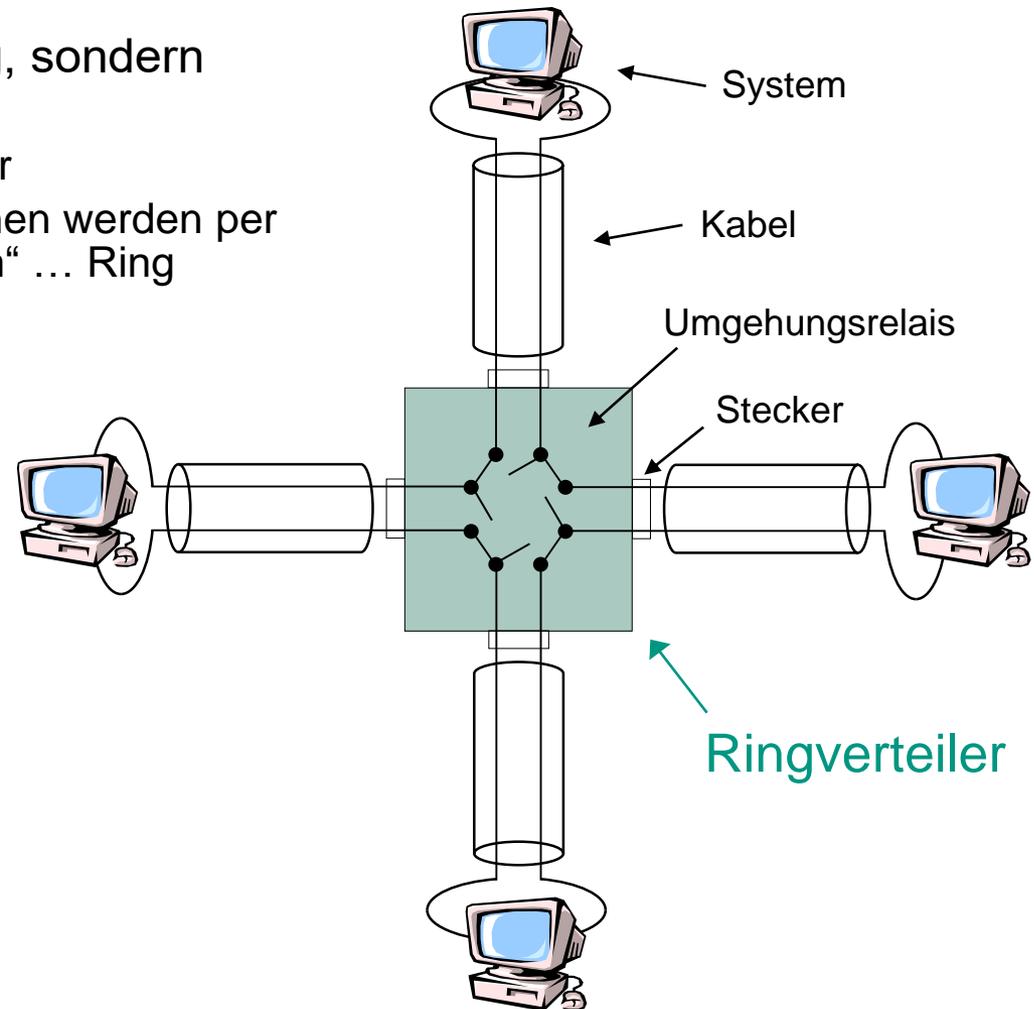
- Systeme sind physikalisch **Punkt-zu-Punkt** zu **Ring** verbunden
- Jedes System hat Vorgänger und Nachfolger
- Unidirektionaler Betrieb von System zu System
- Zuteilung des **Senderechts** durch zirkulierende spezielle Steuerdateneinheit, so genanntes **Token**
 - System, das das Token empfängt, hat Recht, Daten zu verschicken
- Daten kommen aufgrund Ringstruktur wieder bei sendendem System an, das diese wieder vom Ring nimmt
- Danach Weitergabe Senderecht an nachfolgendes System

→ Umfangreiches Token-Management nötig

... Token könne verloren gehen, „sich multiplizieren“ ...

Schema eines Ringverteilers

- Realisierung Token Ring
 - meist nicht durch Ring, sondern
 - Stern
 - Mittelpunkt: Ringverteiler
 - Ausfallende Stationen werden per Relais „abgefangen“ ... Ring bleibt geschlossen

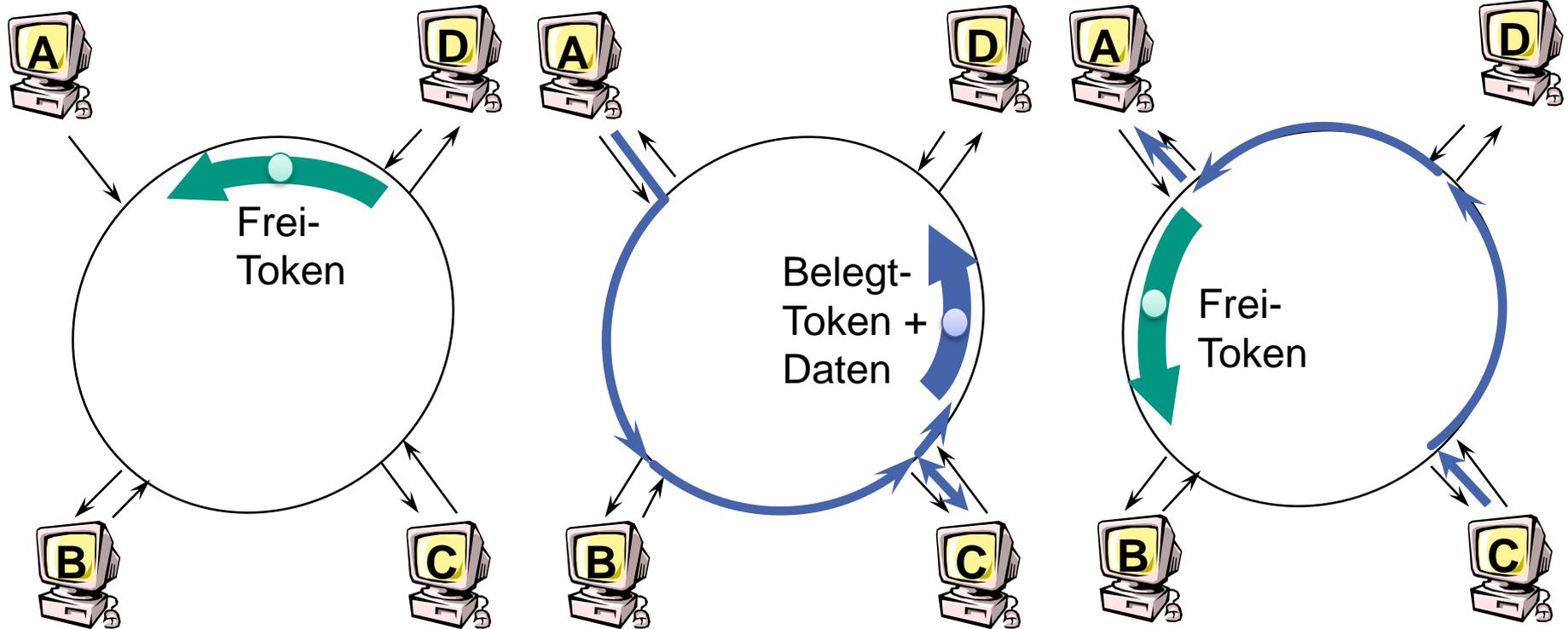


■ Protokollablauf

- Senden ist nur erlaubt, wenn Endsystem ein freies Token „besitzt“
- Maximale Sendezeit ist durch **Token Holding Time** (THT) begrenzt
 - Es können in dieser Zeit mehrere Dateneinheiten gesendet werden
- Kontrollinformation kann per **piggybacking** zum Sender gesendet werden
 - Z.B. Quittungen
- **Prioritätsmechanismus** steht zur Verfügung
 - 8 Prioritäten

■ Monitor

- Ausgewähltes Endsystem zur Überwachung der Funktionsfähigkeit des Rings
 - Z.B. Token-Verlust, Token-Verdopplung, Ringbruch
 - Jedes Endsystem kann diese Aufgabe übernehmen
- Generell: Fehlermanagement recht komplex



- Frei-Token kreist
- A hat Sendewunsch

- A hat Token belegt
- A sendet an C
- C kopiert und setzt Quittungsbits
- C leitet weiter

- A nimmt Daten vom Ring
 - Weshalb?
- Token wird von A auf frei gesetzt

<http://pingo.upb.de/>



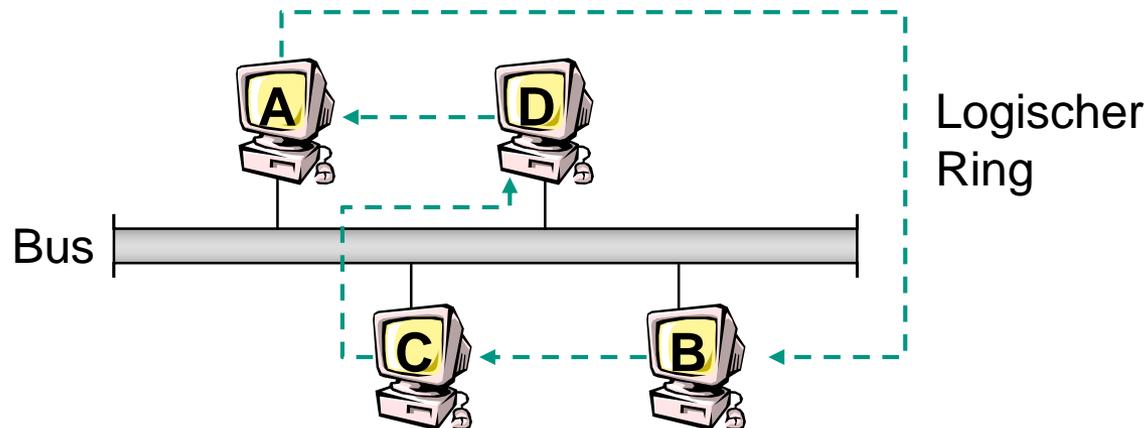
Eigenschaften des Token Ring

- Erlaubt strukturierte Verkabelung von Gebäuden
- Zuverlässigkeit
 - Fehlerhafte Endsysteme können isoliert und aus dem Ring ausgeschlossen werden
- Verteilte Token-Steuerung, d.h. dezentrale Zuteilungsstrategie
- Neue Generierung der Rechteckimpulse in jedem Endsystem
 - Dadurch wenig rauschempfindlich
 - Große Ringe mit vielen Endsystemen möglich

Token Bus

■ Token Bus (IEEE 802.4)

- Verbindet Vorteile von Ethernet und Token Ring
 - Einfache und **robuste Busverkabelung** wie bei Ethernet
 - Ausfall einer Station durchtrennt nicht den Bus
 - kein komplexer Ringverteiler
 - **Garantierte Antwortzeiten** durch zirkulierendes Senderecht (Token) wie bei Token Ring
 - Kann Ethernet nicht bieten
- Aufbau
 - Physikalische Verbindung aller Stationen durch Bus
 - Bildung eines **logischen Rings**



- Zirkulierendes Senderecht (Token) wie bei Token Ring
 - Übertragung zwischen den einzelnen Teilnehmern über den Bus
 - Broadcast-Medium (im Gegensatz zum Token Ring)

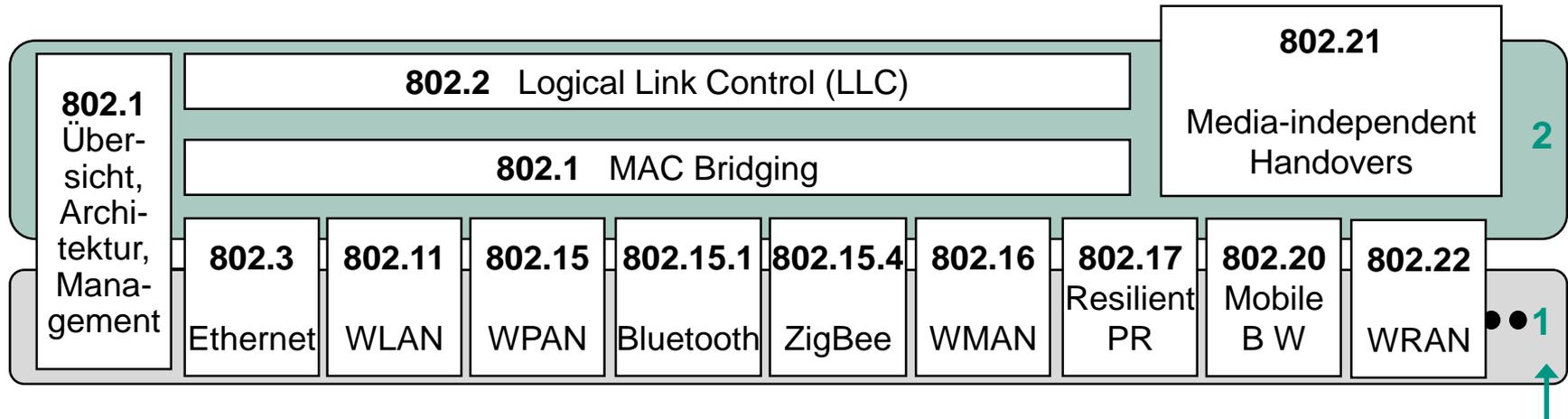
- Im logischen Ring sind Vorgänger und Nachfolger frei festgelegt
 - Token muss eindeutige Adressen umfassen
 - Nur die Nachfolgestation darf Token entgegennehmen
 - Falls Daten zu senden sind, kann dies bis zum definierten Maximum (*Token Hold Timer*) geschehen
 - Falls nichts zu senden ist, wird neues Token für eigene Nachfolgestation erzeugt
 - Danach wird auf dem Bus auf Aktivität der Nachfolgestation gelauscht, um korrekte Token-Weitergabe sicherzustellen

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

1. Einführung und Aufgaben
2. Medienzugriff
3. Ethernet
4. Weitere Entwicklungen

Überblick über IEEE-802-Standardisierung

■ LAN-Standardisierung nach IEEE 802



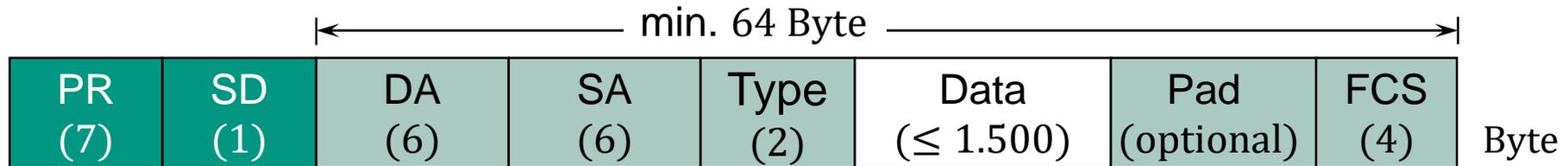
- 802.1: Zusammenhang der Standards und MAC Bridging
 - 802.2: Logical-Link-Control-Dienste/Protokolle (LLC)
 - 802.3: Ethernet
 - 802.11: Wireless LANs
 - 802.15: Wireless Personal Area Networks: Kurzdistanz-Netze, Bluetooth
 - 802.16: Broadband Wireless Access Metropolitan Area Networks (WiMAX)
 - 802.17: Resilient Packet Rings: Paketvermittlung über Glasfaser-Ringe
 - 802.20: Mobile Broadband Wireless Access: schnelle Mobilität (~250 km/h)
 - 802.21: Media Independent Handover Services: Übergänge zwischen Netzen
 - 802.22: Wireless Regional Area Networks
- ISO/OSI-Schicht

→ Weitere Informationen: <http://grouper.ieee.org/groups/802/>

- Heute meist verwendete und wichtigste Technologie für lokale Netze
- Spezifiziert im IEEE 802.3 Standard

- Netztopologie
 - Ursprünglich Bustopologie
 - Medienzugriff und Kollisionserkennung durch CSMA/CD
 - Heute meist Sterntopologie
 - Bei Vollduplex-Links kein CSMA/CD mehr erforderlich

- Verschiedene Varianten für
 - Unterschiedliche Medien
 - Unterschiedliche Übertragungsgeschwindigkeiten
 - Invariante
 - Format der Ethernet-Dateneinheit

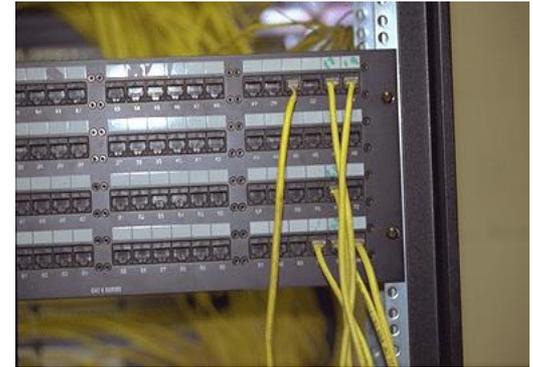


- PR = Präambel zur Synchronisierung (1010101010...)
 - SD = Start-of-frame Delimiter zeigt Beginn an (10101011)
 - DA = Destination Address, Zieladresse
 - SA = Source Address, Quelladresse
 - Type/Length
 - Typ = darüber liegendes Protokoll
 - Length = Länge der Nutzdaten
 - Data = Datenfeld
 - PAD = Padding
 - FCS = Frame Check Sequence
-
- Anmerkung
 - Zwischen aufeinanderfolgenden Dateneinheiten liegt Inter Frame Space (IFS) – 96 Bit

- Verwendung von **MAC-Adressen**
 - 6 Byte bzw. 48 Bit lang → 2^{48} mögliche Adressen
 - Darstellung meist hexadezimal: `24-5F-EA-76-CC-48`
 - Identifiziert die Netzwerk-Interfaces der angeschlossenen Systeme
 - Flache Adressierung
 - *Theoretisch* weltweit eindeutig
 - 24 bit durch IEEE an Hersteller zugewiesen
 - 24 bit durch Hersteller durchnummeriert
 - Situation heute: Adresse oft konfigurierbar

- Broadcast-Adresse
 - Dateneinheit ist für alle Systeme am Netz
 - Broadcast MAC-Adresse: `FF-FF-FF-FF-FF-FF`

- Weit verbreitet heute: 100-BASE-TX
 - Datenrate „100“: 100 Mbit/s
 - Übertragungsart „BASE“: Übertragung im Basisband (keine Modulation)
 - Verwendetes Medium „TX“:
 - Twisted Pair (verdrillte Kupferadern)
 - 100-BASE-TX ist eine Variante von 100-BASE-T



100-BASE-TX Standardkabel („Category 5“) an einem Switch

- Frühere Standards
 - Nur 10 Mbit/s
 - 10-BASE-2 / 10-BASE-5
 - Anschluss der Adapter an Bus aus Koaxialkabel
 - 10-BASE-T
 - Twisted Pair mit Sterntopologie

Varianten: Überblick

Ethernet

	10Base5	10Base2	10Base-T
Medium	Koaxialkabel		Twisted Pair
Kodierung	Manchester		
Topologie	Bus		Stern

Fast Ethernet

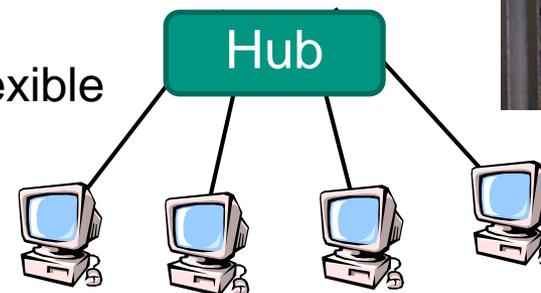
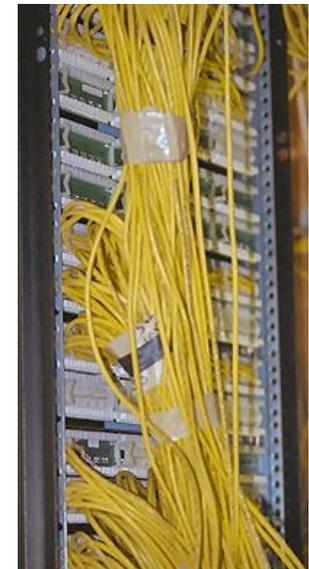
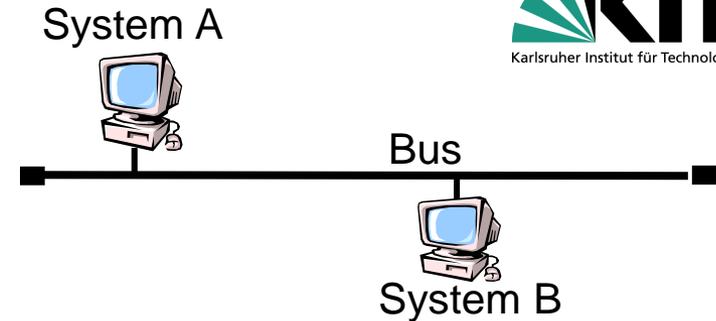
	100Base-T	100Base-T4	100Base-Tx	100Base-Fx
Medium	Twisted Pair			Glasfaser
Kodierung	Manchester	8B/6T NRZ	4b/5B NRZI & MLT-3	4B/5B NRZI
Topologie	Stern			

Gigabit Ethernet and beyond

	1000Base-SX	1000Base-T	10GBase-SR	10GBase-T
Medium	Glasfaser	Twisted Pair	Glasfaser	Twisted Pair
Kodierung	8B/10B NRZ	PAM-5 & Trellis	66B/68B	PAM-16 & DSQ128
Topologie	Stern			

Ethernet im Wandel der Zeit

- Konfigurationen/Betriebsarten von Ethernet haben sich im Laufe der Zeit stark verändert
- Zu Beginn
 - Ethernet mit geteiltem Medium (Bus)
 - Eine Kollisionsdomäne
 - Halbduplexbetrieb
- Einführung von Brücken
 - Verbinden mehrerer Ethernets
- Übergang zu Sternförmiger Verkabelung
 - Hubs oder Switches
 - Hierarchie von Switches ermöglicht flexible Verkabelung



Vergleich von Ethernet und Token Ring

■ Ethernet

■ Vorteile

- Einfaches Protokoll
- Keine Verzögerung bei niedriger Last

■ Nachteile

- Minimale Größe einer Dateneinheit von 64 Byte, maximal 1.500 Byte Nutzdaten
 - (Ausnahme: Jumbo-Frames)
- Nicht deterministisch, keine Prioritäten, keine harten zeitlichen Garantien
- Geringe Effizienz durch viele Kollisionen, problematisch bei höherer Last
 - (falls CSMA/CD eingesetzt wird)

■ Token Ring

■ Vorteile

- Automatische Erkennung und Elimination von Kabelbruch durch Ringverteiler
- Prioritäten möglich
- Sehr guter Durchsatz und hohe Effizienz unter hoher Last
- Garantierte Zugriffszeiten möglich

■ Nachteile

- Zentralisierter Monitor
- Unnötige Verzögerung unter niedriger Last
- Hoher Aufwand durch das Ringmanagement

1. Einführung
2. Netzwerkarchitekturen
3. Physikalische Grundlagen
4. Protokollmechanismen
5. Die Sicherungsschicht: HDLC
6. Die Sicherungsschicht: Lokale Netze
7. Netzkopplung und Vermittlung
8. Die Transportschicht
9. Sicherheit
10. Anwendungssysteme

1. Einführung und Aufgaben
2. Medienzugriff
3. Ethernet
4. Weitere Entwicklungen

6.4 Weitere Entwicklungen – Virtualisierung

- Problem in Firmen oder Institutionen
 - Mehrere parallel betriebene lokale Netze (z.B. einzelne Abteilungen)
 - Ressourcen (Kabel) müssten mehrfach vorhanden sein
 - Geringe Flexibilität (z.B. bei Abteilungswechsel)
 - Aufwendiges Netzmanagement

- Praktizierte Lösung: **Virtuelle Netze (VLANs)**

■ Was ist ein VLAN?

- VLAN = Virtuelles LAN
- Auf Ethernet-Ebene wird der Datenverkehr logisch getrennt
→ Virtuelle Leitung

■ Wieso werden VLANs eingesetzt?



■ Sicherheit

- Broadcast-Medium kann jedes angeschlossene System mithören
- Trennung eines physikalischen Mediums in logische Medien ermöglicht gezielte Gruppierung von Systemen
- Bessere Kontrolle über Größe und Zusammensetzung eines Netzes

■ Flexibilität

- Einfache Reorganisation der logischen Medien möglich
- Keine Änderung an physikalischem Medium, z.B. neue Verkabelung, notwendig

■ Performance

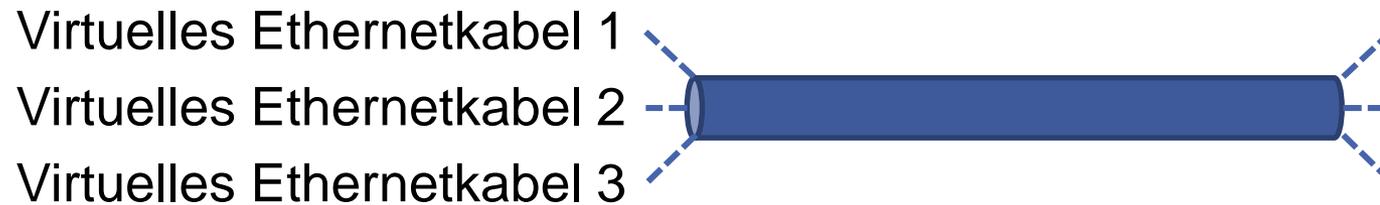
- Broadcast-Last eines Netzes sinkt, wenn ein physikalisches Medium in mehrere logische Medien aufgeteilt wird

Konfiguration von VLANs

■ Ohne VLAN Technik



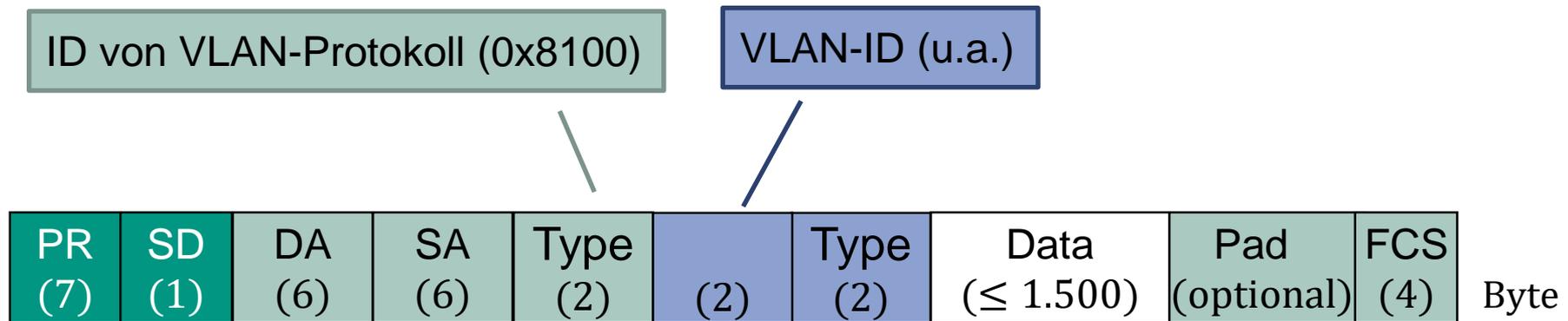
■ Mit VLAN Technik



■ Unterscheidung von VLANs

- Jedes VLAN erhält eine eindeutige Kennung (ID)
- Tagging von Ethernet-Frames mit der ID des angesprochenen VLANs
- Switches entfernen Tagging vor Auslieferung an Endsystem
- Es existieren unterschiedliche Protokolle zur Unterstützung von VLANs
 - IEEE 802.1q
 - Cisco Inter-Switch Link (ISL)





- Hinweis: VLAN-Dateneinheiten können trotz zusätzlicher Felder weiterhin bis zu 1.500 Byte an Nutzdaten transportieren



VLAN-Dateneinheit

Ethernet-
Dateneinheit

- ▷ Frame 52 (90 bytes on wire, 90 bytes captured)
- ▽ Ethernet II, Src: 00:07:e9:23:e7:07, Dst: 00:0c:6e:40:8d:0e
 - Destination: 00:0c:6e:40:8d:0e (141.3.70.246)
 - Source: 00:07:e9:23:e7:07 (141.3.71.126)
 - Type: 802.1Q Virtual LAN (0x8100)
- ▽ 802.1q Virtual LAN
 - 000. = Priority: 0
 - ...0 = CFI: 0
 - 0000 0110 0110 = ID: 102
 - Type: IPv6 (0x86dd)
- ▽ Internet Protocol Version 6
 - Version: 6
 - Traffic class: 0x00
 - Flowlabel: 0x00000
 - Payload length: 32
 - Next header: TCP (0x06)
 - Hop limit: 63
 - Source address: 2001:638:204:6:207:e9ff:fe17:3ald (2001:638:204:6:207:e9ff:fe17:3ald)
 - Destination address: 2001:638:204:5:20c:6eff:fe40:8d0e (2001:638:204:5:20c:6eff:fe40:8d0e)
- ▷ Transmission Control Protocol, Src Port: 34183 (34183), Dst Port: ssh (22), Seq: 80, Ack: 208, Len: 0

VLAN-ID

CFI – Canonical Format Identifier (bei Ethernet 0)

Weitere Entwicklungen – Drahtlose lokale Netze

- Heute allgegenwärtig: lokale Netze auf Funkbasis
- Meistverwendeter Standard: IEEE 802.11
 - Viele unterschiedliche Unterstandards
- Herausforderungen
 - Eigenschaften des Funkkanals
 - Vielfältige Störungen durch die Umgebung sowie andere Funknetze
 - Bitfehlerraten weit höher als in drahtgebundenem Medium
 - Kodierung und Fehlerkorrekturmechanismen unerlässlich
 - Konkurrierender Zugriff auf gemeinsamen Kanal
 - Medienzugriff durch das Verfahren CSMA/CA
 - CA: Collision Avoidance
 - Abhörbarkeit des Funkkanals
 - Kryptographische Verfahren notwendig
- Details in der Vorlesung Mobilkommunikation



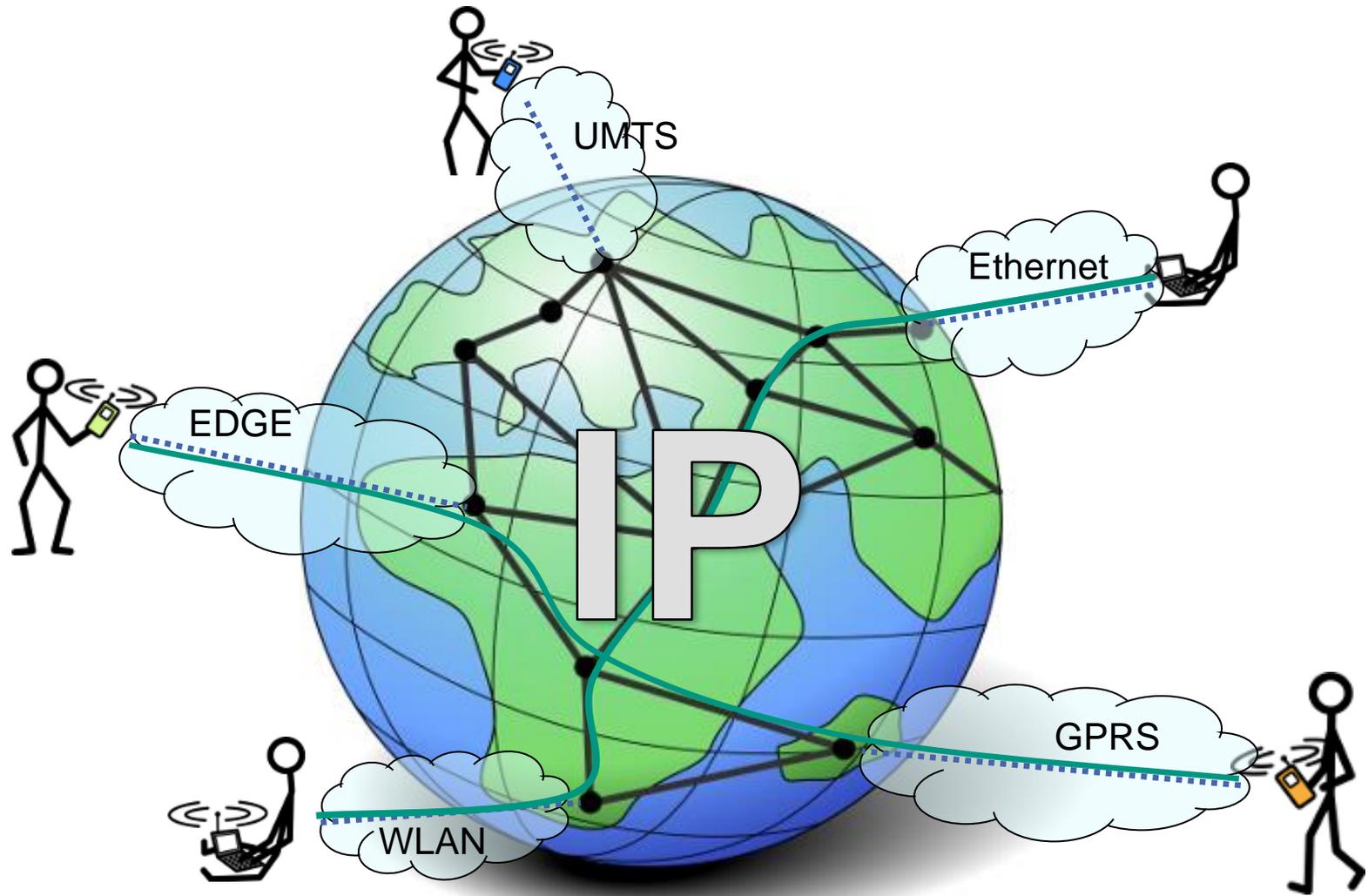
■ Medienzuteilungsstrategien

- Kontrolliert
 - Token Ring
 - Token Bus
- Konkurrierend
 - ALOHA
 - Slotted ALOHA
 - CSMA/CD

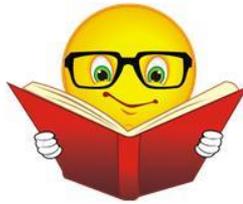
■ Ethernet

- Ursprünglich CSMA/CD-basiert
- Heute meist „geswitched“ mit Punkt-zu-Punkt-Links
- Einfaches, kostengünstiges Design hat sich durchgesetzt
- Konzeptuell auch in drahtlosen Netzen verwendet

Aktuell: Welt heterogener Zugangsnetze



- 6.1 Geben Sie verschiedene Topologien für lokale Netze an.
- 6.2 Erläutern Sie verschiedene Multiplex-Techniken und geben Sie Beispiele für deren Anwendung.
- 6.3 Nennen Sie unterschiedliche Medienzuteilungsverfahren und kategorisieren Sie diese.
- 6.4 Beschreiben Sie die Funktionsweise von CSMA/CD.
- 6.5 Kann bei CSMA/CD eine Kollision auftreten? Falls ja, wie? Warum existiert bei CSMA/CD eine minimale Länge der Dateneinheiten?
- 6.6 Können in einem Token Ring Kollisionen auftreten? Falls ja, wie?
- 6.7 Vergleichen Sie Ethernet und Token Ring bezüglich
 - Medienanschluss
 - Quittierung einer Nachricht
 - Eignung für den Realzeitbetrieb
 - Identifizierung der Länge bzw. des Endes eines Rahmens
- 6.8 Nennen Sie die Herausforderungen von drahtlosen lokalen Netzen sowie Techniken zu deren Bewältigung.
- 6.9 Was ist ein VLAN?
- 6.10 Erläutern Sie die Vorteile von VLANs



- [Hals05] F. Halsall, **Computer Networking and the Internet**, Addison Wesley, 5/e; 2005
 - Kapitel 3

- [KuRo12] James Kurose, Keith Ross, **Computer Networking**, 6/e, Pearson; 2012
 - Kapitel 5

- [PeDa07] L. Peterson, B. Davie, **Computer Networks: A Systems Approach**, Morgan Kaufmann, 2007, 4th Edition
 - Kapitel 2

- [Stal10] W. Stallings, **Data & Computer Communications**, Prentice Hall, 2010, 9th Edition
 - Kapitel 15 und 16

- [Cisc06] Cisco, **LAN-Switching**
 - <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ics/cs010.htm>