

Übungen zu Einführung in Rechnernetze

6. Übung

**Matthias Flittner, Sebastian Friebe, Tim Gerhard, Markus Jung
[flittner, friebe, tim.gerhard, m.jung]@kit.edu**

Institut für Telematik, Prof. Zitterbart



© Peter Baumung

1. Wissensfragen
2. Fehlererkennende Codes
3. Medienzuteilung
4. Ethernet
5. ARP

- Pingo-Link für diese Übung:
→ <http://pingo.upb.de/548806>



Wissensfragen, Aufgabe (d) – Pingo

■ Welche Aufgaben hat die Sicherungsschicht?

- Strukturierung des Datenstroms (Framing)
- Medienzugangskontrolle
- Absicherung gegen Angreifer (Verschlüsselung)
- Vergabe von Netzwerkadressen
- Adressierung mittels MAC-Adressen
- (Je nach Dienst) Fehlererkennung/-behebung, Flusskontrolle
- Art der Übertragung auf dem Link (z.B. Duplex)
- Arbeitet zwischen beliebigen Systemen
- Arbeitet zwischen direkt verbundenen Systemen

Aber:
IEEE 802.1AE MACSec



<http://pingo.upb.de/548806>



Aufgaben der Sicherungsschicht

- Strukturierung des Datenstroms (Framing)
 - Datagramm in Rahmen einkapseln
- Medienzugangskontrolle bei geteilten Medien
- Adressierung mittels MAC-Adressen
- Je nach angebotenem Dienst der Sicherungsschicht
 - Fehlererkennung und –behebung
 - Flusskontrolle
- Art der Übertragung auf dem Link
 - Broadcast bzw. Semi-Broadcast
 - Punkt-zu-Punkt
 - Halbduplex
 - Vollduplex

... immer zwischen
physikalisch
benachbarten Knoten



Wissensfragen, Aufgabe (e) – Pingo

■ Wo ist die Sicherungsschicht implementiert?

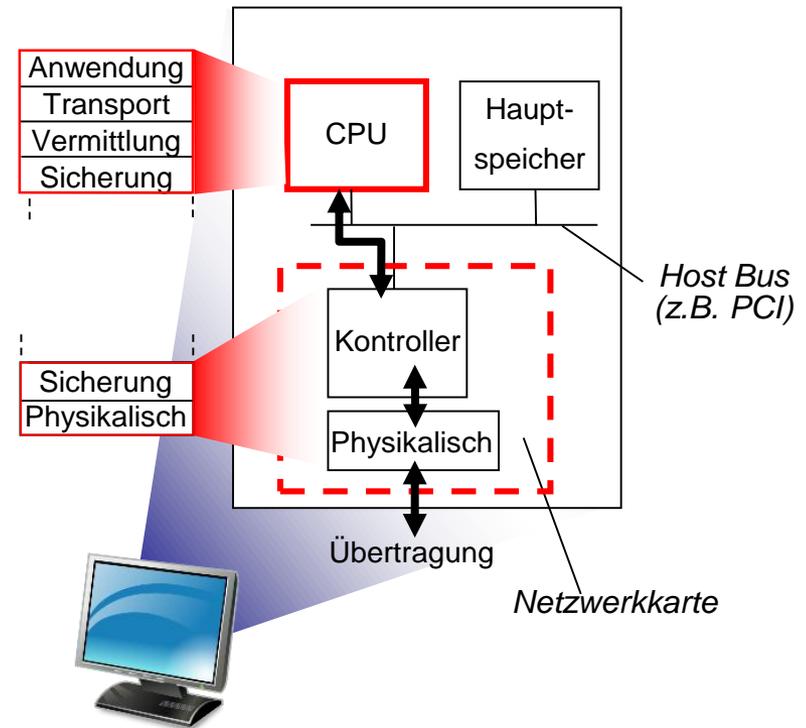
- Webserver
- Mailclient
- Betriebssystem
- BIOS/UEFI
- Netzwerkkarte
- Router
- Switch
- Repeater
- WLAN Access-Point



<http://pingo.upb.de/548806>

Wo ist die Sicherungsschicht implementiert?

- In jedem Knoten: Endsystem, Router, Switch
- Auf Netzadapter (Network Interface Card, NIC) oder auf Chip
 - Ethernet-Adapter
 - WLAN-Adapter
 - ...
- An Bus des Systems angeschlossen (z.B. PCI-Bus)
- Kombination von Hardware, Software, Firmware



Wissensfragen, Aufgabe (a) – Analog-Pingo

- Benötigen Sie ein zuverlässiges Transportprotokoll, wenn Sie auf Schicht 2 bereits einen zuverlässigen Dienst haben?

- Ja, zuverlässiger Dienst auf Schicht 2 genügt nicht
- Nein, Schicht 2 garantiert mir Zuverlässigkeit



Unzuverlässig / Zuverlässig

■ Unzuverlässiger Kommunikationsdienst

- Es wird keinerlei Aussage darüber getroffen, wie viele der gesendeten Daten korrekt beim Empfänger ankommen
... meist geht man davon aus, dass alle Daten korrekt ankommen
- Bei Fehlern werden die Daten nicht automatisch wiederholt

Keine durchgängigen Sequenznummern!

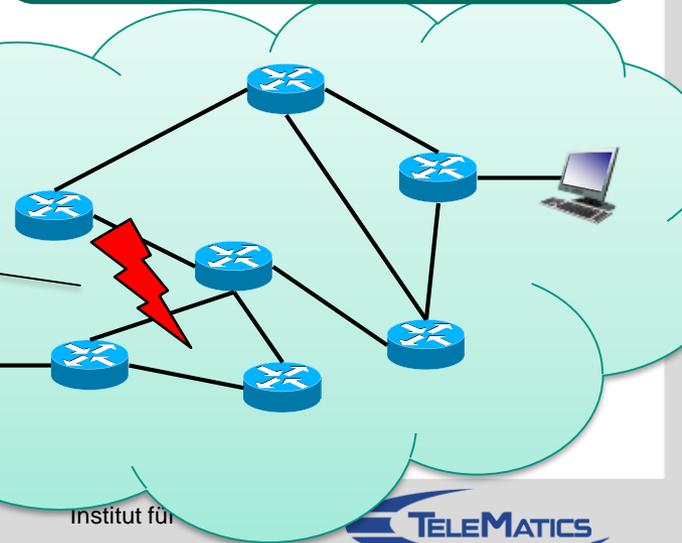
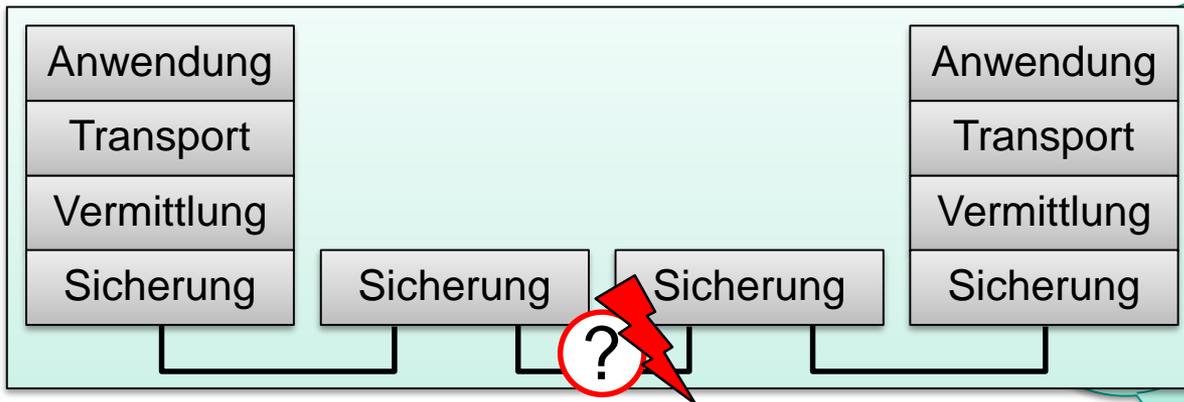
„Gekippte“ Bits im Speicher?

Mehrere Pfade?

■ Zuverlässiger Kommunikationsdienst

- Für die empfangende Instanz wird folgendes garantiert
 - Daten sind korrekt und vollständig
 - Daten werden in der richtigen Reihenfolge ausliefert
 - Es werden keine Duplikate ausgeliefert
 - Es werden keine Phantom-Pakete ausgeliefert

Wie als Empfänger ohne Sequenznummern erkennen?



Wissensfragen, Aufgabe (f) – Analog-Pingo

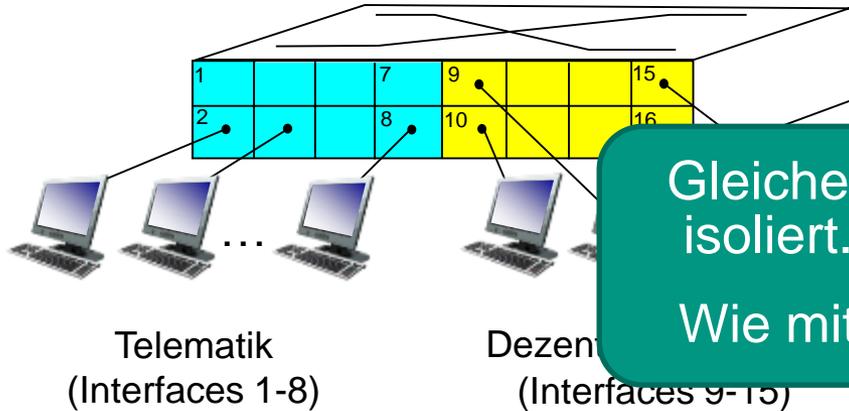
- Ein Kommilitone behauptet, dass es möglich ist, dass mehrere Computer am gleichen Ethernet-Switch angeschlossen sind, aber trotzdem überhaupt nicht miteinander kommunizieren können. Stimmt diese Behauptung?

- Ja
- Nein



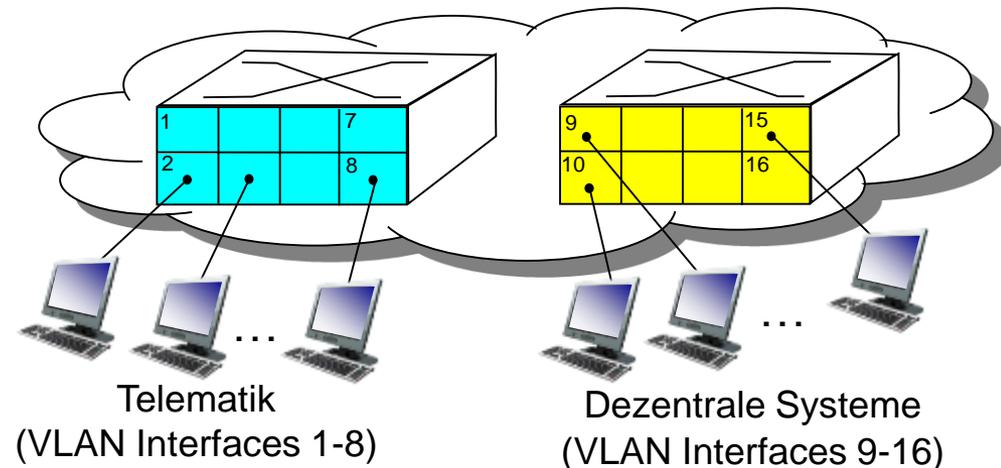
Interface-basierte VLANs

Interfaces des Switchs sind per Software so konfiguriert, dass ein einzelner **physikalischer** Switch...



Gleicher Switch, aber logisch isoliert. Keine Konnektivität!
Wie miteinander verbinden?

... als mehrere **virtuelle** Switches arbeitet



Wissensfragen, Aufgabe (b)

- Wo sind IP- und MAC-Adressen eindeutig?

- MAC-Adressen

- Global eindeutig

- ... fast: Aufbau einer IEEE 48-Bit MAC-Adresse



- c-Bits: Company, dem Hersteller zugeteiltes Präfix
- m-Bits: Manufacturer, vom Hersteller vergebene Identifikation
- u-Bit: universal/local, u=1 bedeutet lokal vergebene Adresse
- g-Bit: group, für Broadcast/Multicast-Adressen

- MAC-Adresse kann in der Praxis durch Software überschrieben werden

- Auch unter Missachtung des u-Bits
 - Und Hersteller haben MAC-Adressen auch schon „recycled“

Wissensfragen, Aufgabe (b)

- Wo sind IP- und MAC-Adressen eindeutig?

- IP-Adressen (Fokus hier: IPv4)
 - Global eindeutig
 - ... meistens: Private Adressbereiche (kein Routing *im* Internet)
→ Nur lokal eindeutig!
 - 10.0.0.0/8  [RFC1597]
 - 172.16.0.0/12
 - 192.168.0.0/16  [RFC1918]

 - Weitere nicht global eindeutige Adressbereiche
 - 100.64.0.0/10 für Carrier-Grade NAT  [RFC6598]
 - 169.254.0.0/16 für Link-Local-Adressen  [RFC 5735]

- IPv6: Unique Link Local Adresses

Wissensfragen, Aufgabe (c)

- Ein Kommilitone schlägt vor, das Problem der knappen IPv4-Adressen durch die Verwendung von MAC-Adressen anstelle von IPv6 zu lösen. Was halten Sie davon?

- **Nichts!**
 - Keine global eindeutige Adresse
 - **MAC-Adressierung ist flach**, nicht hierarchisch
 - Keine Möglichkeit, Subnetze zu bilden/aggregieren
 - **Routingtabellen skalieren nicht**, ein Eintrag je Endsystem!
 - Mehrere logische Teilnetze in einer physischen Infrastruktur?
 - Grenzen für Broadcasts?
 - Adressierung von Multicast-Gruppen?
 - ... könnte man theoretisch über VLANs lösen
 - Privatsphäre? Konstante Adresse ist Identifikationsmerkmal

Fazit: Unglaublich komplex und aufwändig

Analog: Entwicklung von /etc/hosts bzw. hosts.txt zum DNS

Wissensfragen, Aufgabe (g) – Pingo

- Welches Multiplexverfahren wird bei WLAN (IEEE 802.11) *nicht* verwendet?

- SDMA
- FDMA
- TDMA
- **CDMA**



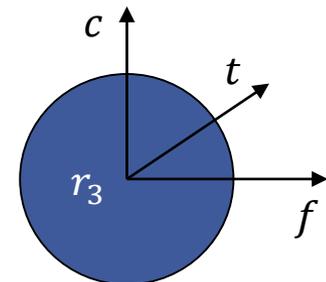
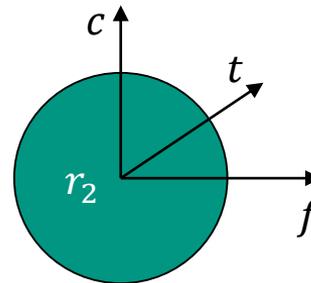
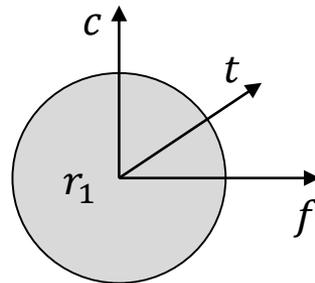
<http://pingo.upb.de/548806>

Raummultiplex

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

Auch WLAN!

Kanäle k_i



Frequenzmultiplex

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

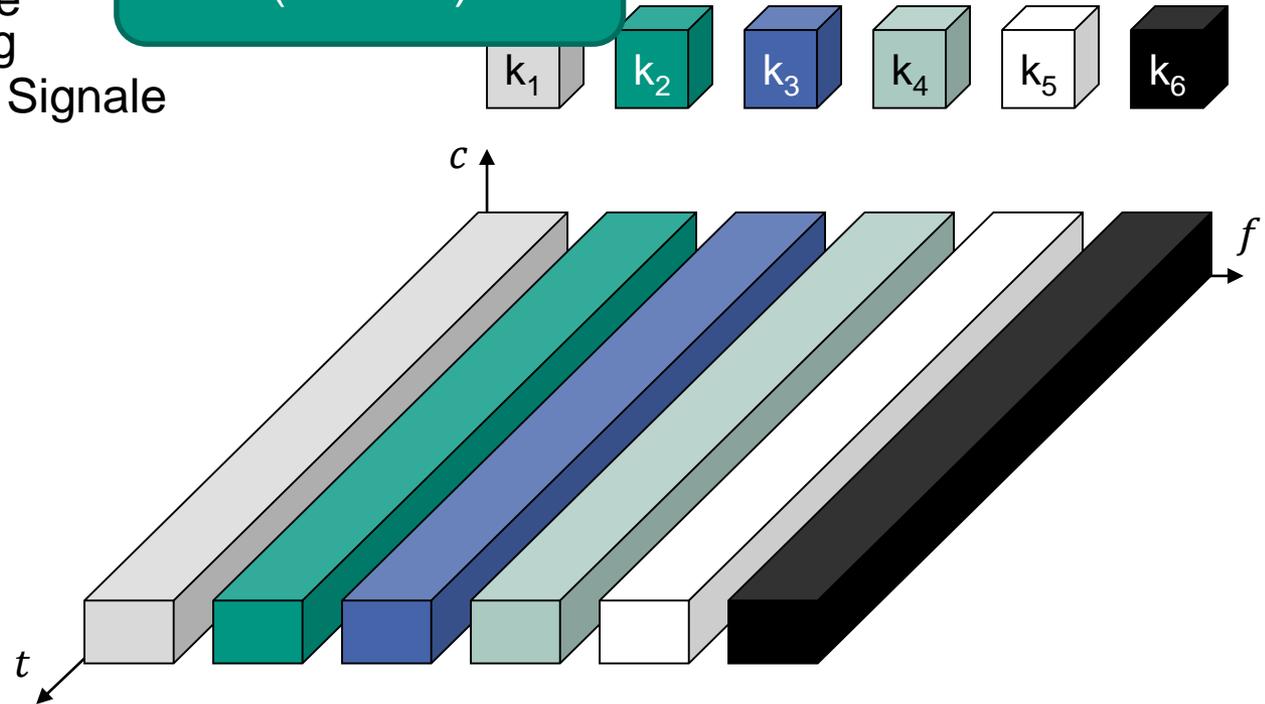
Vorteile

- Keine dynamische Koordination nötig
- Auch für analoge Signale

Auch WLAN!
(Kanäle)

Nachteile

- Bandbreitenverschwendung bei ungleichmäßiger Belastung
- Unflexibel



WLAN-Frequenzspektrum (2,4 GHz)

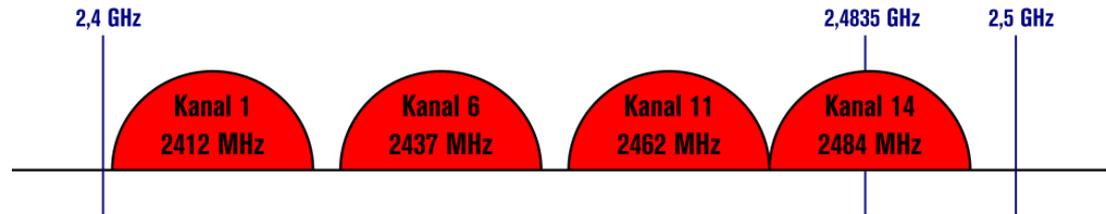
- Verfügbares Spektrum in Kanäle fester Breite unterteilt
 - Kanalabstand 5 MHz

- Europa:
 - 13 Kanäle erlaubt

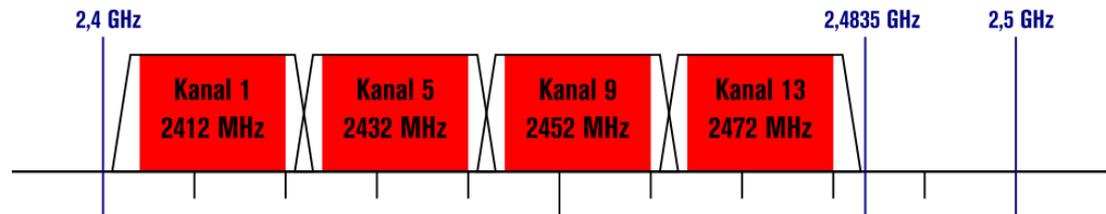
- Tatsächliche Kanalbreite hängt von genutztem Standard ab
 - Effektive Kanäle nicht überlappungsfrei!
 - Störungen möglich

Überlappungsfreie Kanäle 2,4 GHz WLAN

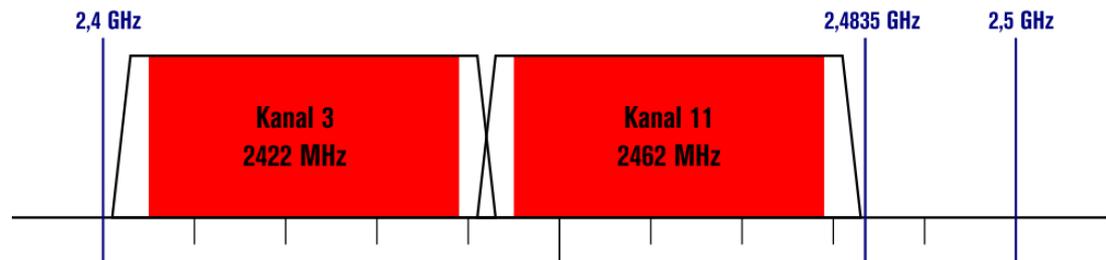
802.11b (DSSS) 22 MHz Kanalbreite



802.11g/n (OFDM) 20 MHz Kanalbreite – 16,25 MHz für Träger



802.11n (OFDM) 40 MHz Kanalbreite – 33,75 MHz für Träger



Quelle: Liebeskind (via Wikimedia Commons), CC BY-SA 3.0

Zeitmultiplex

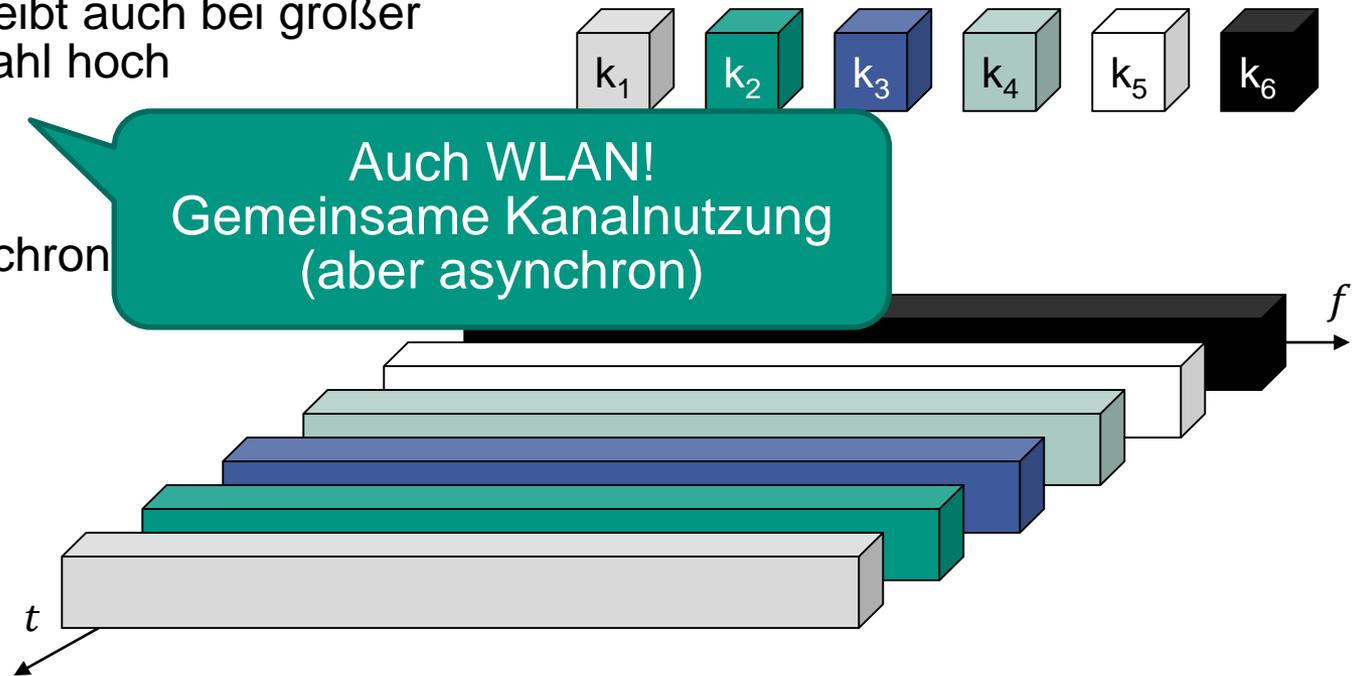
- Kanal belegt gesamten Frequenzraum für einen gewissen Zeitraum
 - Time Division Multiple Access (TDMA)

Vorteile

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

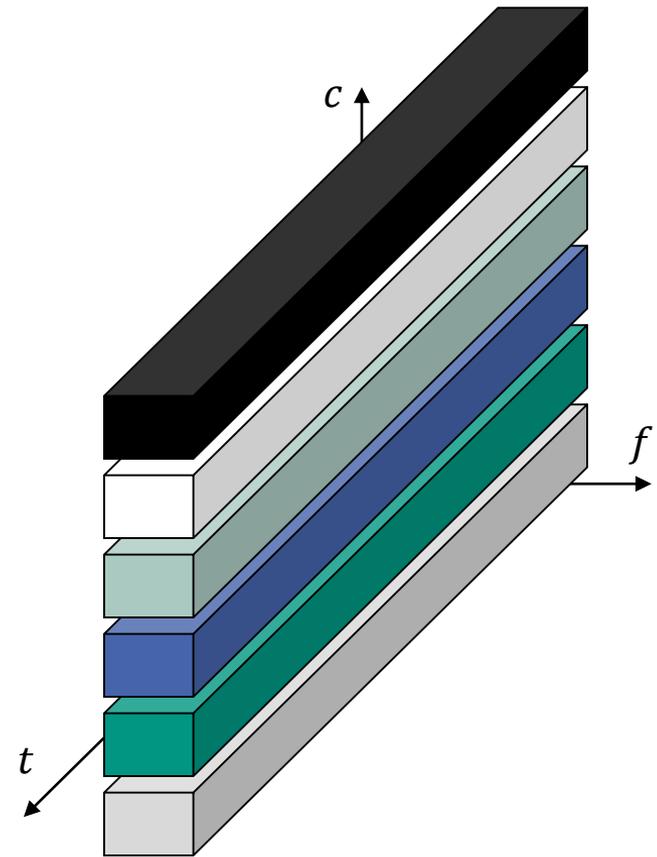
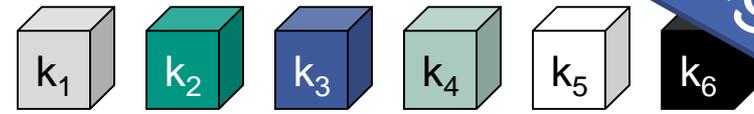
Nachteile

- Genaue Synchronisation nötig



Codemultiplex

- 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 F
 - Sehr gro im Verg
 - Vorwärt leicht integ
- Einsatzbeispiel
 - UMTS



(Bisher) **nicht** bei WLAN!
 Eignung vor allem für mobiles
 Gerät ↔ Basisstation

Einführung in Rechnernetze – 6. Übungsblatt

1. Wissensfragen
2. Fehlererkennende Codes
3. Medienzuteilung
4. Ethernet
5. ARP

Fehlererkennende Codes

■ Prüfsummenberechnung mittels CRC

- Zu übertragen seien die Daten 1101010001 (10 Bits)
- Als Prüfmuster dient Polynom $x^5 + x^3 + x^2 + 1$
- Berechnen Sie daraus die **Sicherungssequenz** und geben Sie die **tatsächlich übertragenen Daten** an

■ Gegeben

- Daten $M(x) = 1101010001$ (10 Bits)
- Prüfmuster $x^5 + x^3 + x^2 + 1$ Grad $r = 5$
- Generatorpolynom $G(x) = 101101$ (6 Bits)

■ Vorgehen

- $M(x)$ mit x^r multiplizieren (Anhängen von r Nullen) $x^r M(x)$
- Polynomdivision mit Modulo-2 Arithmetik (XOR) $(x^r M(x))/G(x)$
 - Sicherheitssequenz R entspricht Rest der Polynomdivision
- Tatsächlich übertragene Daten
 - Aufaddieren der Sicherheitssequenz $(x^r M(x))/G(x) + R$

Fehlererkennende Codes, Aufgabe (a) – Pingo

- Prüfsummenberechnung mittels CRC
 - Zu übertragen seien die Daten 1101010001 (10 Bits)
 - Als Prüfmuster dient Polynom $x^5 + x^3 + x^2 + 1$
 - Berechnen Sie daraus die **Sicherungssequenz**

Generatorpolynom: $G(x) = 101101$

- 1011
- 1110
- 0010
- 01110
- 10011
- 10100
- 010000
- 100010
- 001101



Fehlererkennende Codes, Aufgabe (a)

$$110101000100000 / 101101 = 1111000110$$

```

110101000100000 / 101101 = 1111000110
101101
-----
110000
101101
-----
111010
101101
-----
101110
101101
-----
000111000
  101101
  -----
    101010
    101101
    -----
      001110
  
```

001110 ← Sicherungssequenz $R = 01110$

■ Übertragen wird demnach 110101000101110

Fehlererkennende Codes, Aufgabe (b)

- Überprüfung bei Empfang einer **korrekt gesendeten** Dateneinheit

$$110101000101110 / 101101 = 1111000110$$

```

110101000101110
101101
-----
 110000
101101
-----
 111010
101101
-----
 101110
101101
-----
 000111011
 101101
-----
   101101
   101101
   -----

```

000000 ← Kein Rest!



Fehlererkennende Codes, Aufgabe (b) (Forts.)

- Überprüfung bei Empfang einer fehlerhaft gesendeten Dateneinheit

$$1101010001\underline{11110} / 101101 = 1111000110$$

```
110101000111110 / 101101 = 1111000110
101101
-----
110000
101101
-----
111010
101101
-----
101110
101101
-----
000111111
101101
-----
100101
101101
-----
```

010000 ← Rest!



Fehlererkennende Codes, Aufgabe (c)

- Implementieren der Prüfsummenberechnung in Hardware für das angegebene Polynom $G(x) = x^5 + x^3 + x^2 + 1$

- CRC-Berechnung – Beobachtungen:
 - XOR-Operation (Divisionsschritt) erfolgt nur wenn $x^5 = 1$
 - Polynom rückt eine Position nach rechts
 \Leftrightarrow Divisionsrest rückt um eine Position nach links: $x^n \leftarrow x^{n-1}$
 - Restbit x^5 wird nach dem Divisionsschritt verworfen

$$\begin{array}{cccccccc}
 & x^5 & x^4 & x^3 & x^2 & x^1 & x^0 & x^{-1} \\
 1 & \stackrel{?}{=} & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & & 00100000 & / & 101101 \\
 & \downarrow & & & & & & & & & & & \\
 + & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & & & & & & \\
 \hline
 & & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & \\
 & & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & & & & &
 \end{array}$$

Fehlererkennende Codes, Aufgabe (c)

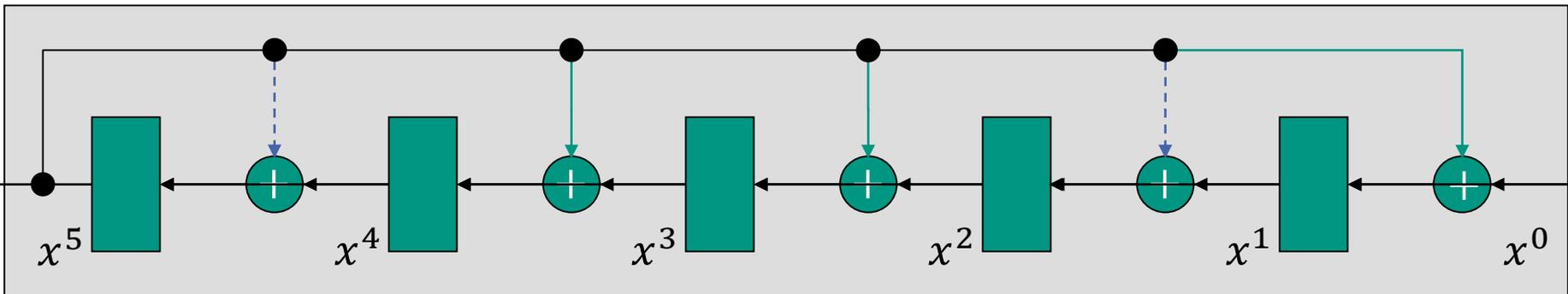
CRC-Berechnung – Beobachtungen:

- XOR-Operation (Divisionsschritt) erfolgt nur wenn $x^5 = 1$
 - $0 + Y = Y \Rightarrow$ Neutrales Element von XOR ist 0
- Divisionsrest rückt um eine Position nach links: $x^n \leftarrow x^{n-1}$
- Restbit x^5 wird nach dem Divisionsschritt verworfen

X	Y	X + Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$x^5 \ x^4 \ x^3 \ x^2 \ x^1 \ x^0 \ x^{-1}$

$$\begin{array}{r}
 1 \overset{?}{\underset{\downarrow}{\div}} 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \quad 00100000 \ / \ 101101 \\
 + 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\
 \hline
 \end{array}$$



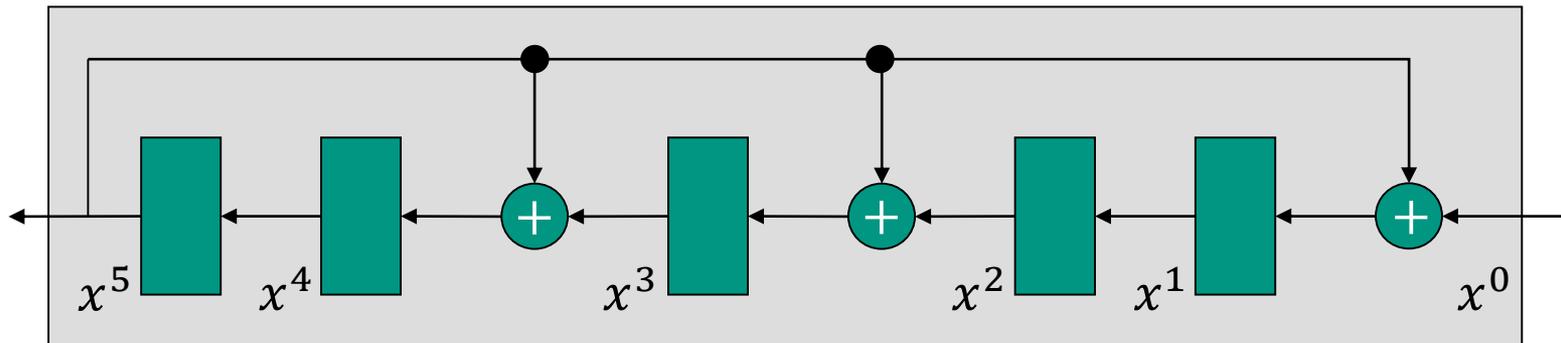
XOR-Gatter



1 Bit-Schieberegister

Fehlererkennende Codes, Aufgabe (c)

- Implementieren der Prüfsummenberechnung in Hardware für das angegebene Polynom $G(x) = x^5 + x^3 + x^2 + 1$



⊕ XOR-Gatter

■ 1 Bit-Schieberegister

Einführung in Rechnernetze – 6. Übungsblatt

1. Wissensfragen
2. Fehlererkennende Codes
3. Medienzuteilung
4. Ethernet
5. ARP

Medienzuteilung, Aufgabe (a)

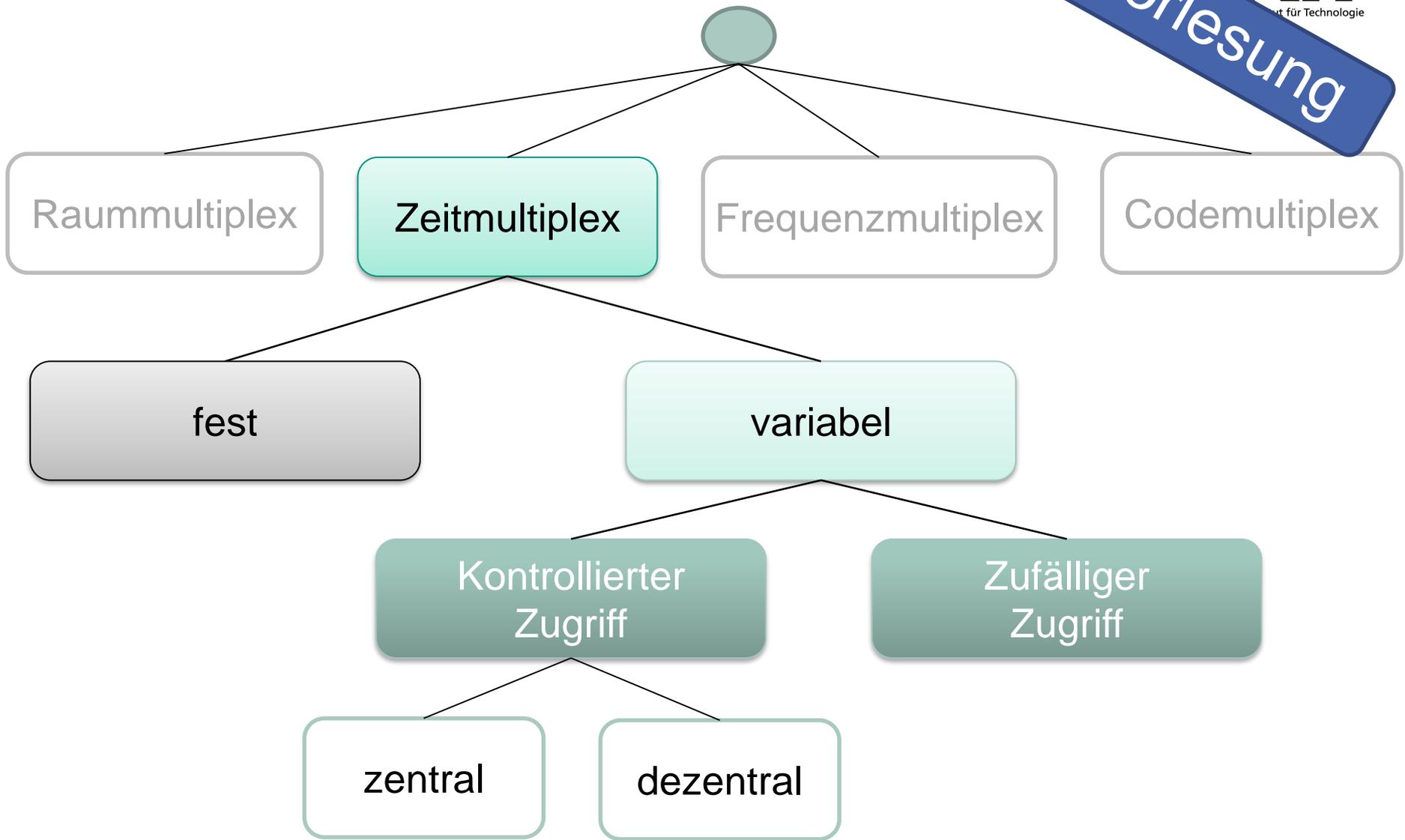
- Welche Medienzuteilungsverfahren kommen jeweils bei Ethernet und bei Token Ring zum Einsatz?

- Raummultiplex
- Zeitmultiplex
- Frequenzmultiplex
- Codemultiplex
- Feste Medienzuteilung
- Variable Medienzuteilung

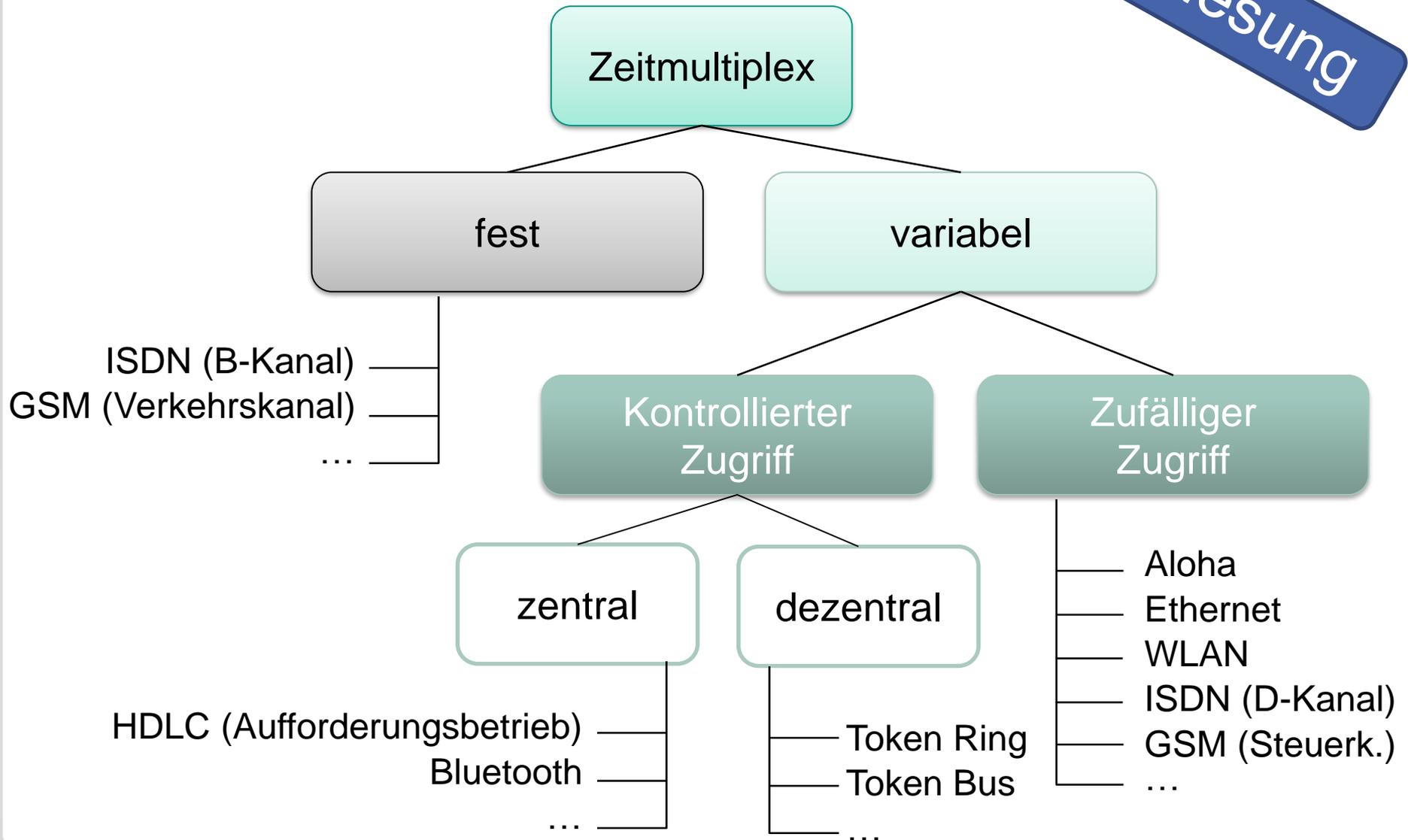


<http://pingo.upb.de/548806>

Medienzuteilung - Kategorien



Medienzuteilung - Beispielnetze



Medienzuteilung, Aufgabe (a)

- Welche **Medienzuteilungsverfahren** kommen jeweils bei **Ethernet** und bei **Token Ring** zum Einsatz?
- Bei beiden: Zeitmultiplex mit variablem (und asynchronem) Zugriff
- Ethernet: Konkurrierender Zugriff: CSMA/CD
- Token Ring: Dezentral kontrollierter Zugriff: zirkulierendes Senderrecht

Medienzuteilung, Aufgabe (b)

- Vergleichen Sie Ethernet und Token-Ring bezüglich ihres Verhaltens (Vor- und Nachteile) bei niedriger, sowie bei hoher Auslastung.

Zufälliger Zugriff: CSMA

■ CSMA: Carrier Sense Multiple Access

■ Listen before Talk

- System prüft vor Senden, ob Medium frei ist

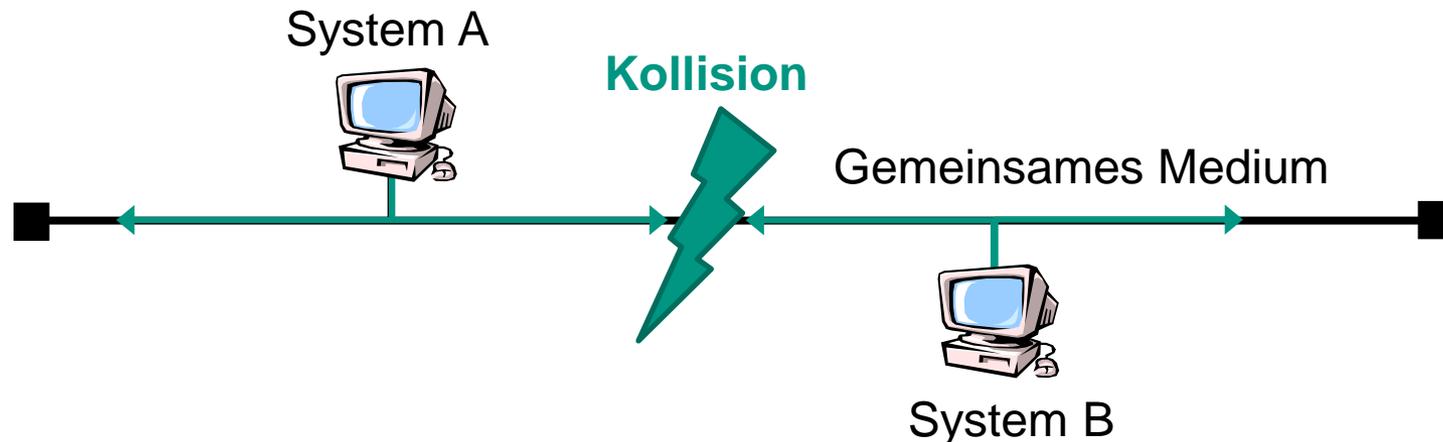
■ Medium belegt

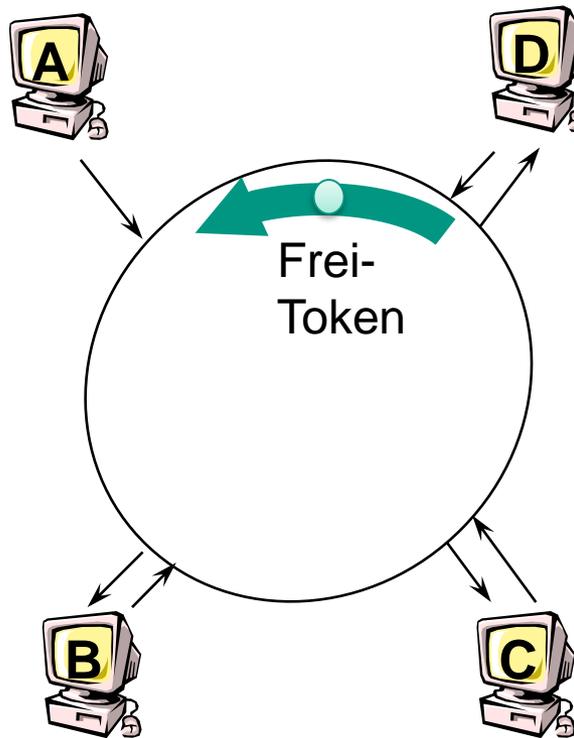
- senden nicht erlaubt, später erneut versuchen

■ Medium frei

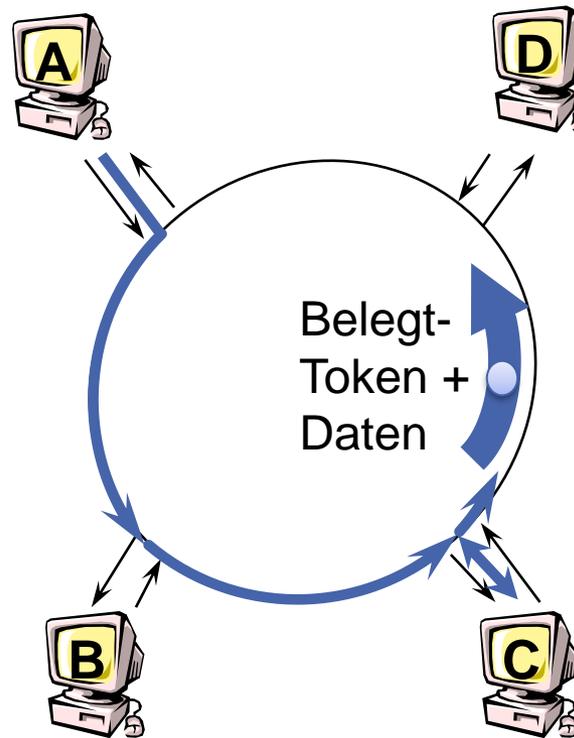
- Senden, aber

- Mehrere Systeme können quasi gleichzeitig zu senden beginnen → Kollisionen

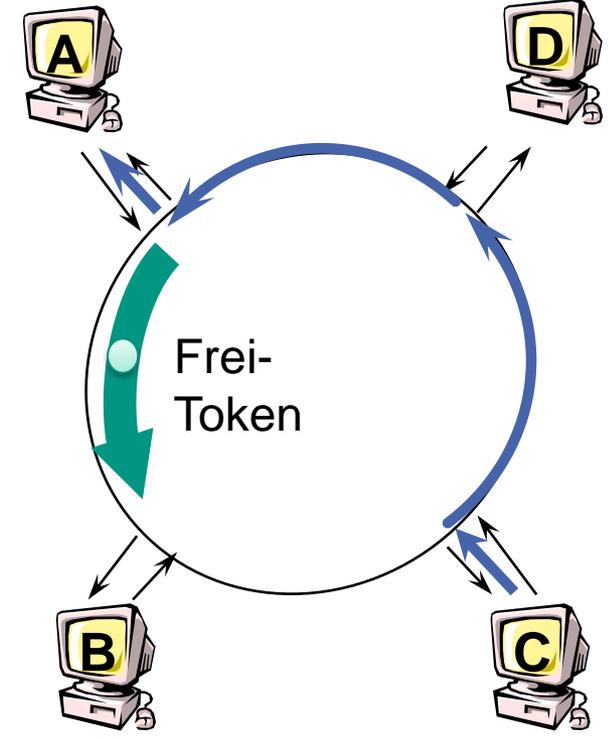




- Frei-Token kreist
- A hat Sendewunsch



- 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

Medienzuteilung, Aufgabe (b) – Pingo 1

- Welche dieser Effekte beeinflussen die Effizienz von **Ethernet** besonders?
 - Kollisionen mit anderen Stationen
 - Größe der verwendeten Puffer
 - Warten auf Senderecht
 - Anzahl der Stationen auf dem Medium



Medienzuteilung, Aufgabe (b) – Pingo 2

- Welche dieser Effekte beeinflussen die Effizienz von **Token Ring** besonders?
 - Kollisionen mit anderen Stationen
 - Größe der verwendeten Puffer
 - Warten auf Senderecht
 - Anzahl der Stationen auf dem Medium



Medienzuteilung, Aufgabe (b)

- Vergleichen Sie Ethernet und Token Ring bezüglich ihres Verhaltens (Vor- und Nachteile) bei niedriger, sowie bei hoher Auslastung.

- Geringe Auslastung
 - Wenig Verkehr auf dem gemeinsamen Medium
 - Chance hoch, dass das Medium bei Sendewunsch frei ist
 - Sender kann sofort senden; außerdem: Kollisionen unwahrscheinlich
 - kaum „Leerlauf“ auf dem Medium
 - Bei Token Ring: Sender muss warten, bis das freie Token ihn erreicht

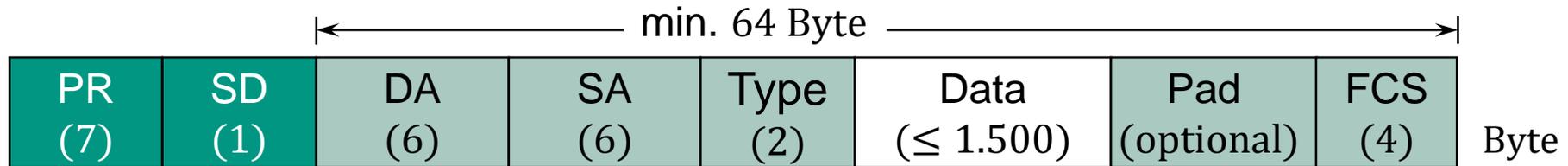
- Hohe Auslastung
 - Viel Verkehr auf dem gemeinsamen Medium
 - Chance hoch, dass beim Senden über Ethernet Kollisionen auftreten
 - Sender muss Daten oft wiederholt senden
 - Bei Token Ring: keine Kollisionen möglich, dadurch höhere Effizienz

Einführung in Rechnernetze – 6. Übungsblatt

1. Wissensfragen
2. Fehlererkennende Codes
3. Medienzuteilung
4. Ethernet
5. ARP

Ethernet, Aufgabe (d)

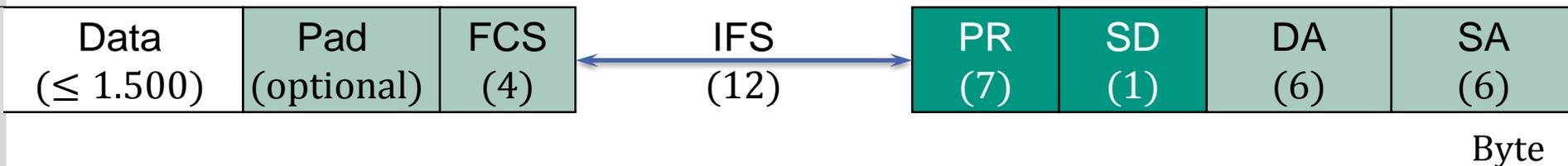
- Was ist die Funktion der angegebenen Felder?



- PR: Präambel zur Synchronisierung
- SD: Start of Frame Delimeter; zeigt Anfang von Rahmen an
- DA: Destination Address (Zieladresse)
- SA: Source Address (Quelladresse)
- Type: gibt darüber liegendes Protokoll an
- Data: Nutzdaten; weitergereicht an darüber liegende Protokollinstanz
- PAD: Padding; wird nicht interpretiert / wird ignoriert
- FCS: Frame Check Sequence (Prüfsumme)

Ethernet, Aufgabe (e)

- Im Ethernet-Standard wird im Vergleich zum Standard IEEE 802.3 das Feld **Length** durch das Feld **Type** ersetzt. Wie wird trotzdem sichergestellt, dass das Ende eines Rahmens korrekt erkannt werden kann?
- Zwischen aufeinanderfolgenden Dateneinheiten liegt Inter Frame Space (IFS) – 96 Bit



Ethernet, Aufgabe (f)

- Welche Aufgabe hat das **Padding-Feld (PAD)** eines Ethernet-Rahmens in Bezug auf den Medienzugriff bei Ethernet?
- Sicherstellung einer minimalen Länge der Rahmen für Funktionsfähigkeit von CSMA/CD bei gegebener maximaler Länge des Übertragungsabschnitts

Konkurrierender Zugriff: CSMA/CD: Beispielabla

A beginnt Übertragung (t_0)

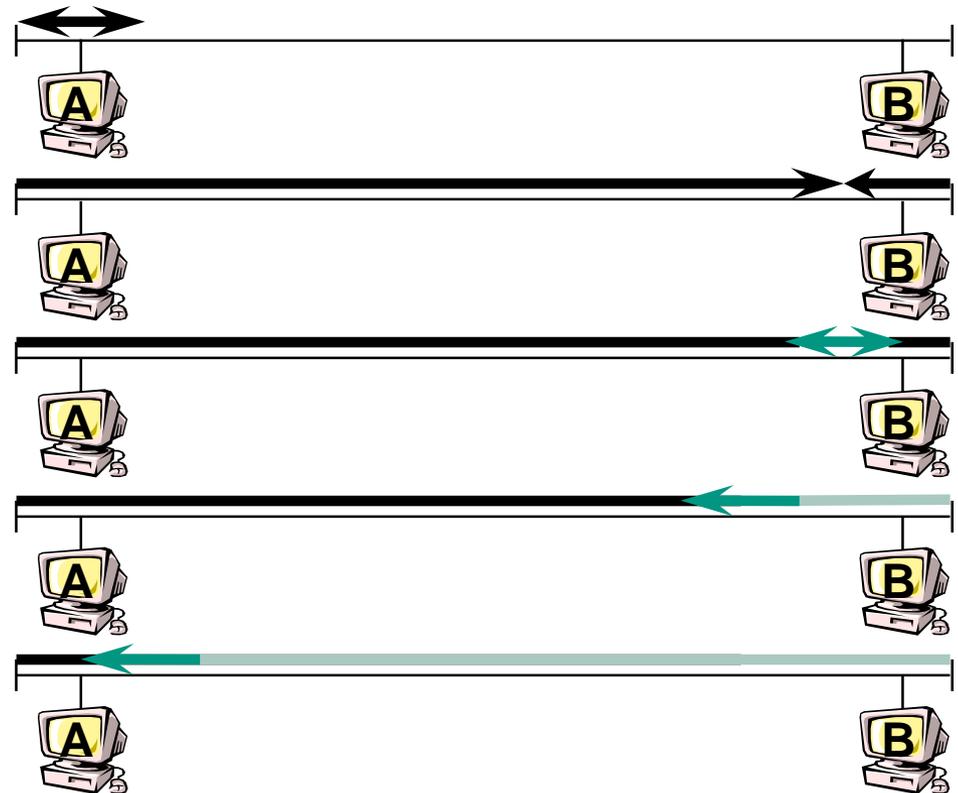
B beginnt Übertragung ($t_0 + t_A - e$)
(bevor Signal von A eintrifft)

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

B schickt Jam-Signal, Kollision läuft
weiter; B führt Backoff-Algorithmus aus

A entdeckt Kollision ($t_0 + 2t_A - e$)
(muss dafür noch das Medium abhören,
⇒ Grund für Mindestlänge von Rahmen)

A führt Backoff-Algorithmus aus



t_A Signallaufzeit von A nach B (Propagation Delay)

$2t_A$ Signallaufzeit von A nach B und zurück (Round Trip Delay, Round Trip Time)

e Zeitabschnitt zwischen Übertragungsbeginn von B und Kollisionserkennung durch B

Ethernet, Aufgabe (g) – Pingo

- Berechnen Sie die theoretisch **maximale Länge eines Ethernet-Übertragungsabschnitts** bei einer Mindestlänge der Rahmen von 64 Byte, einer Datenrate von 10 Mbit/s und einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 200 000 km/s
 - Hinweis: Verzögerungen aufgrund von Repeatern oder Interfaces sollen vernachlässigt werden

- 64 m
- 128 m
- 640 m
- 1280 m
- 2000 m
- 2610 m
- 5120 m
- 10240 m



Ethernet, Aufgabe (g)

- Berechnen Sie die theoretisch **maximale Länge eines Ethernet-Übertragungsabschnitts** bei einer Mindestlänge der Rahmen von 64 Byte, einer Datenrate von 10 Mbit/s und einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 200 000 km/s
 - Hinweis: Verzögerungen aufgrund von Repeatern oder Interfaces sollen vernachlässigt werden

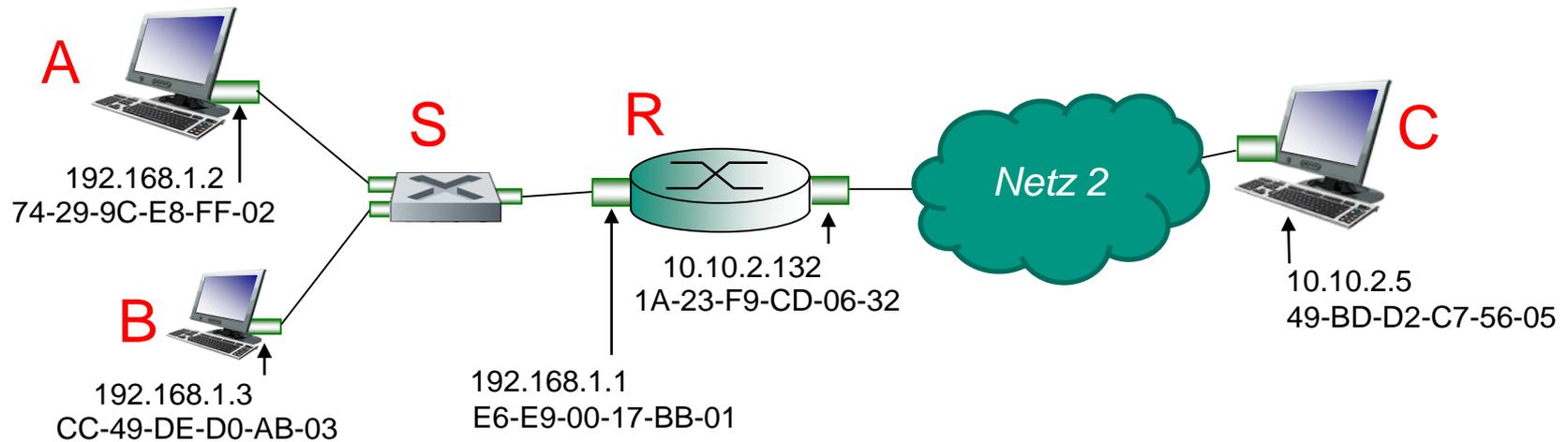
- CSMA/CD
 - Um Kollision zu erkennen, muss Kabel permanent abgehört werden
 - Auch während des Sendens
 - Notwendige Bedingung Kollisionserkennung: $t_S > 2 * t_A$

- Mindestlänge der Rahmen: 64 Byte = 512 bit
- Übertragungsdauer: 512 bit / 10 Mbit/s = 51,2 μ s
- Zurückgelegte Strecke: 51,2 μ s * 2 * 10⁸ m/s = 10240 m
- Theoretisch maximale Länge Übertragungsabschnitt: 5120 m

Einführung in Rechnernetze – 6. Übungsblatt

1. Wissensfragen
2. Fehlererkennende Codes
3. Medienzuteilung
4. Ethernet
5. ARP

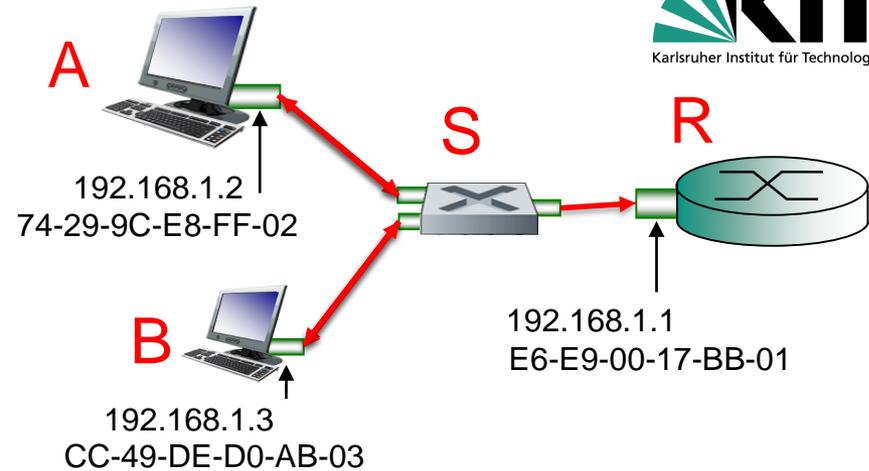
ARP



- Die ARP-Tabellen im linken Netz sind leer
- Die Geräte sind vollständig konfiguriert
- Switch S ist ein selbstlernender Switch

ARP, Aufgabe (a)

Endsystem A sendet ein IP-Datagramm an Endsystem B. Beschreiben Sie, welche Pakete von wo nach wo übertragen werden.



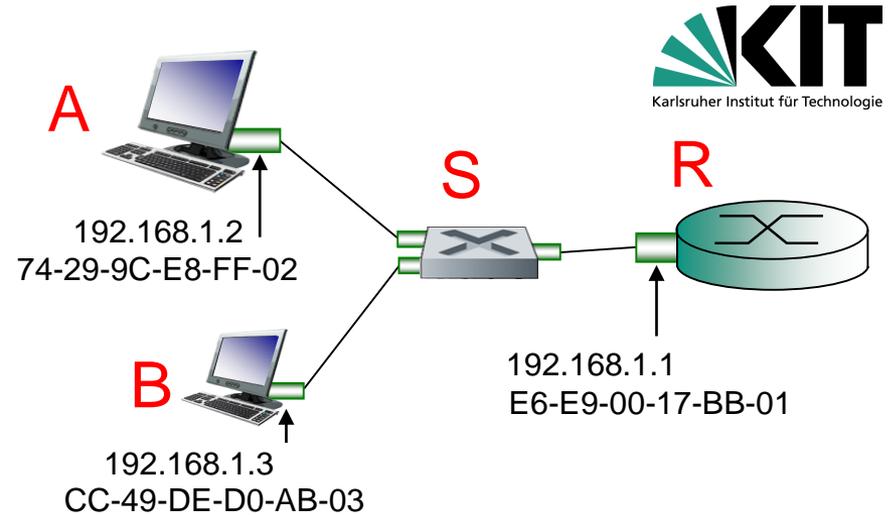
Link		MAC		IP		Protokoll	Inhalt
Von	Nach	Von	Nach	Von	Nach		
A	S	-02	-FF	.2	.3	ARP	Request für B
S	R	-02	-FF	.2	.3	ARP	Request für B
S	B	-02	-FF	.2	.3	ARP	Request für B
B	S	-03	-02	.3	.2	ARP	Response von B
S	A	-03	-02	.3	.2	ARP	Response von B
A	S	-02	-03	.2	.3	IP	Daten für B
S	B	-02	-03	.2	.3	IP	Daten für B

Switch kennt Interface von R nicht: Broadcast

Interface von A ist bekannt

ARP, Aufgabe (b)

Geben Sie den resultierenden Zustand des ARP-Caches in Endsystem A an.

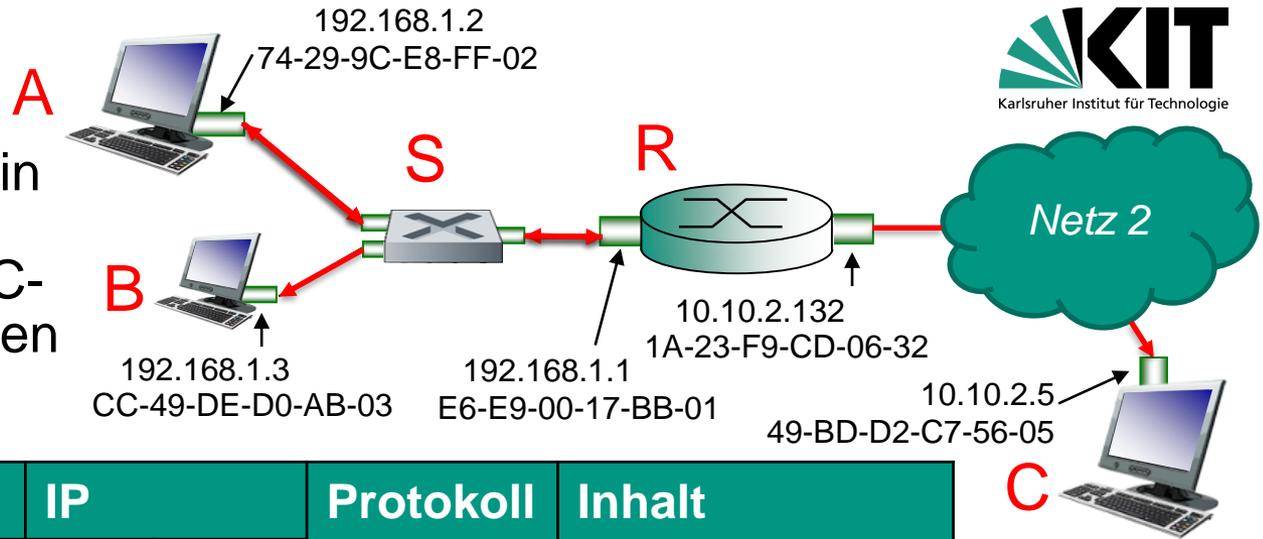


IP-Adresse	MAC-Adresse
192.168.1.3	CC-49-DE-D0-AB-03

Eigentlich auch noch
Max. Lebenszeit:
Hier ignoriert

ARP, Aufgabe (c)

Endsystem A sendet ein IP-Datagramm an Endsystem C. Die MAC-Adressen in Netz 2 seien bekannt.



Link		MAC		IP		Protokoll	Inhalt
Von	Nach	Von	Nach	Von	Nach		
A	S	-02	-FF	.2	.1	ARP	Request für R
S	R	-02	-FF	.2	.1	ARP	Request für R
S	B	-02	-FF	.2	.1	ARP	Request für R
R	S	-01	-02	.1	.2	ARP	Response von R
S	A	-01	-02	.1	.2	ARP	Response von R
A	S	-02	-01	.2	.5	IP	Daten für C
S	R	-02	-01	.2	.5	IP	Daten für C
R	C	-32	-05	.2	.5	IP	Daten für C

Ziel in anderem Subnetz: Frage nach Router

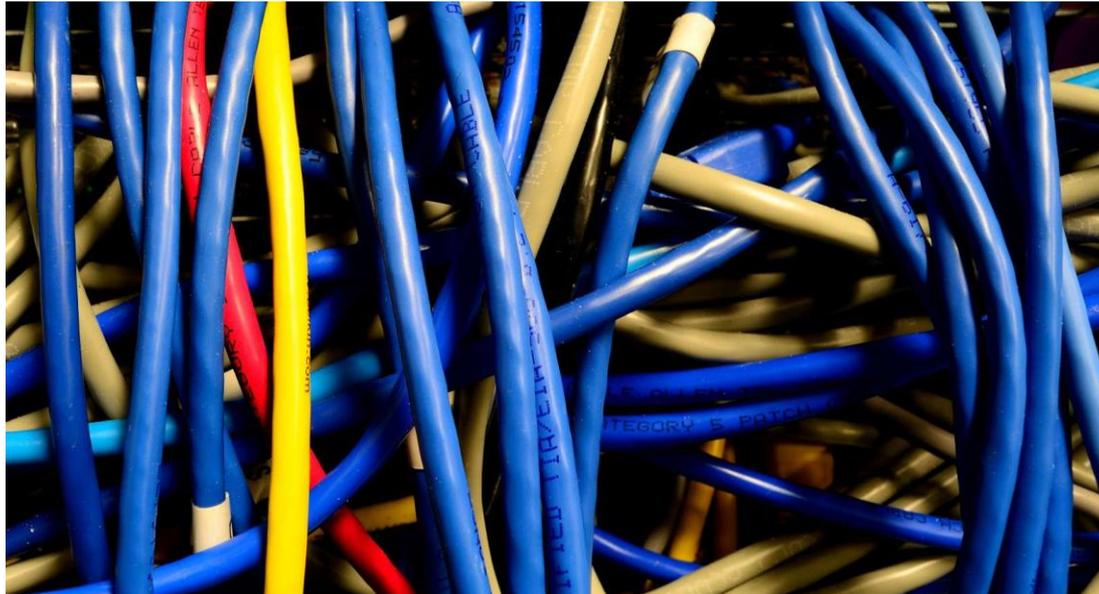
Router erstellt neuen Rahmen

Fragen? Fragen!

- Nur noch eine Übung dieses Semester
 - ... und dann Klausur am 11.08.2017 (10:30 Uhr)
- Daher in der nächsten Übung: **Fragestunde**
 - Teil des Übungstermins ist zur Beantwortung Ihrer Fragen gedacht
 - Erwünscht sind Fragen zum gesamten Stoff der Vorlesung „Einführung in Rechnernetze“
- Fragen bitte...
 - bis zum **19.07.2017**
 - per Mail an friebe@kit.edu
 - mit „Fragestunde EiR “ als Betreff



Noch Fragen?



Danke für die Aufmerksamkeit!



Übung: 26. Juli 2017