

---

# Datenkommunikation

## Grundlagen von Rechnernetzen, Teil 2

Wintersemester 2011/2012

# Einordnung

---

1	Grundlagen von Rechnernetzen, Teil 1
2	Grundlagen von Rechnernetzen, Teil 2
3	Transportzugriff
4	Transportschicht, Grundlagen
5	Transportschicht, TCP (1)
6	Transportschicht, TCP (2) und UDP
7	Vermittlungsschicht, Grundlagen
8	Vermittlungsschicht, Internet
9	Vermittlungsschicht, Routing
10	Vermittlungsschicht, Steuerprotokolle und IPv6
11	Anwendungsschicht, Fallstudien
12	Mobile IP und TCP

## **1. Sicherungsschicht**

- Aufgaben
- XON/XOFF-Protokoll
- Kodierung (Quellen-, Kanalkodierung)

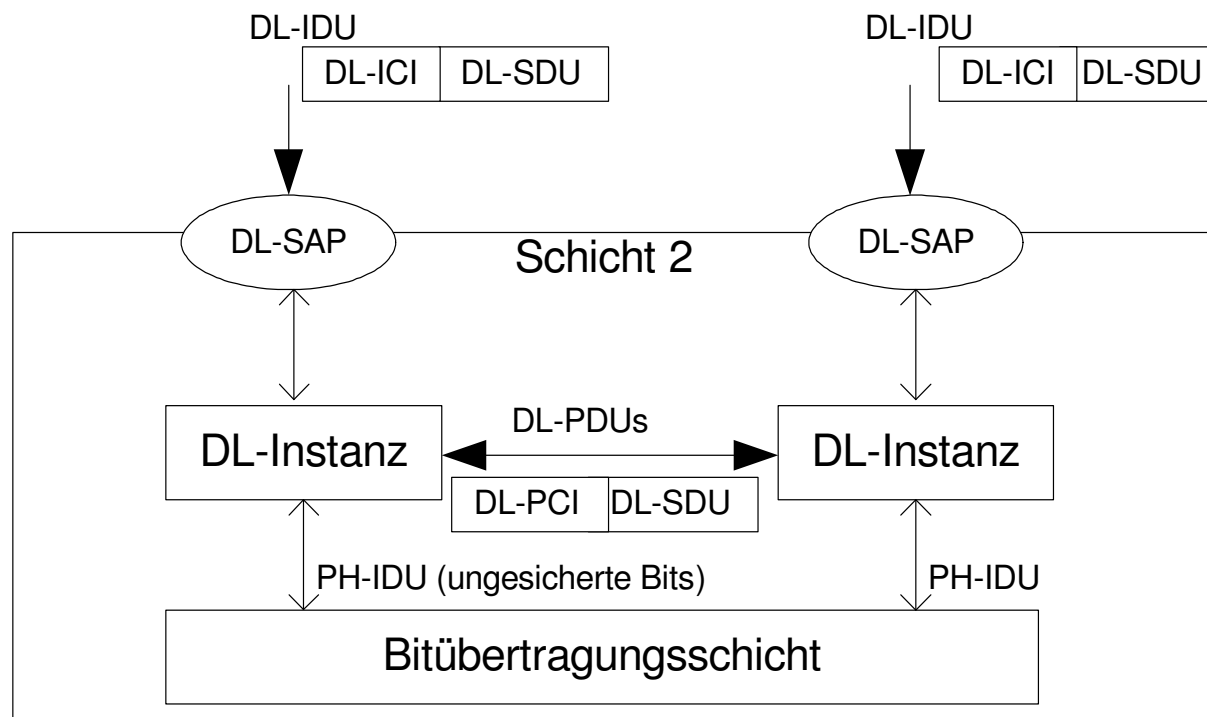
## **2. Buszugriffsverfahren und Ethernet**

- Überblick
- CSMA-Protokolle
- Ethernet

# Aufgaben

---

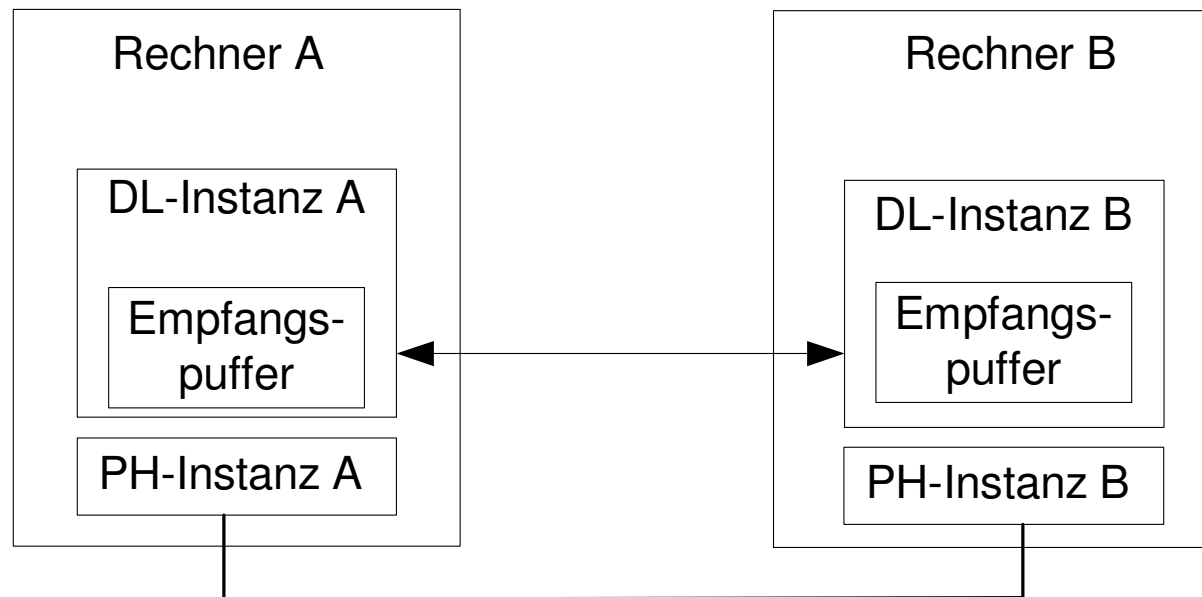
- Gruppierung des übertragenen Bitstroms in logische Einheiten
- Fehlererkennung (Prüfsummen) und ggf. Fehlerkorrektur
- Ende-zu-Ende-Verbindung zwischen Rechnern/Knoten



## DL-Instanzen

---

- Schicht-2-Instanzen verwalten üblicherweise Empfangspuffer und auch Sendepuffer



## Typische Schicht-2-Protokolle

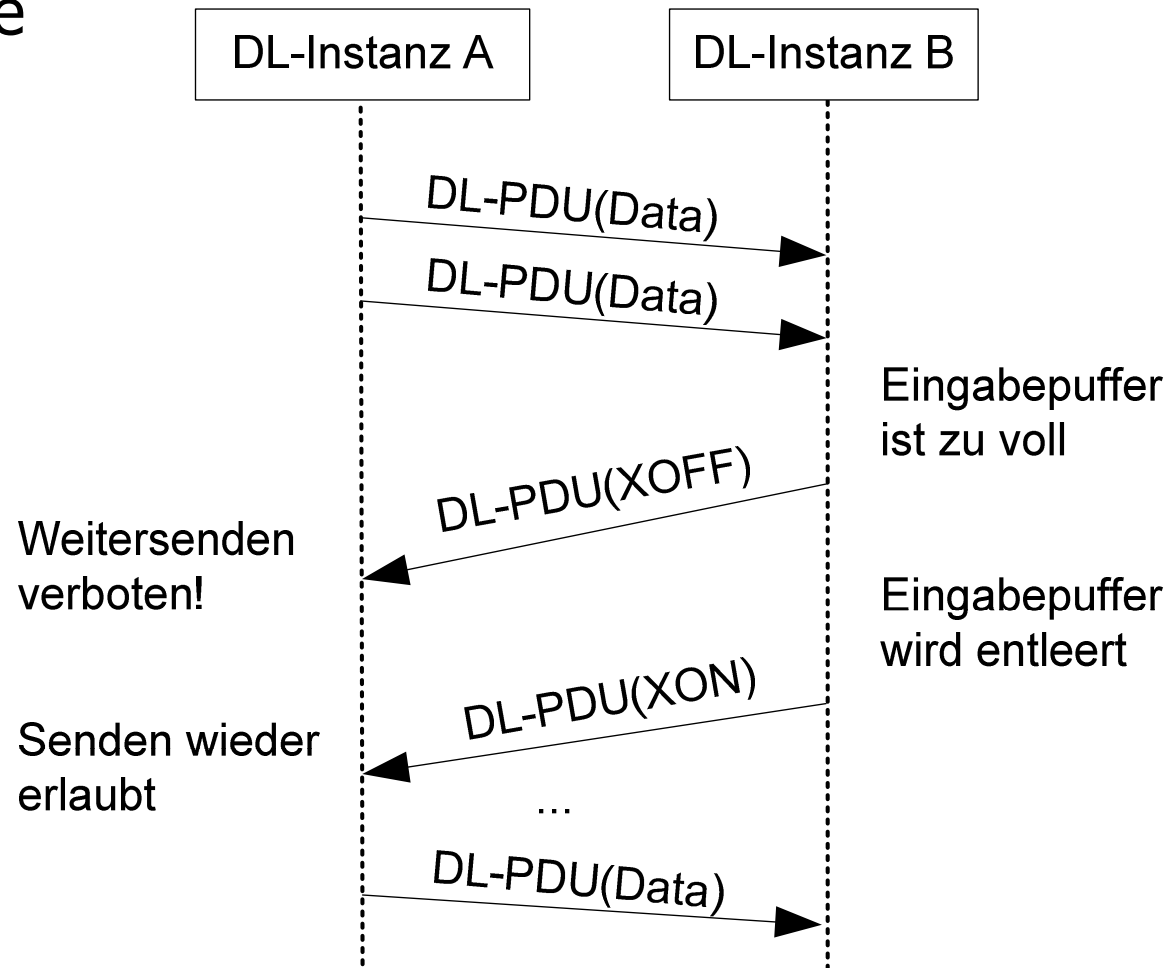
---

- HDLC
- SDLC
- BSC
- PPP

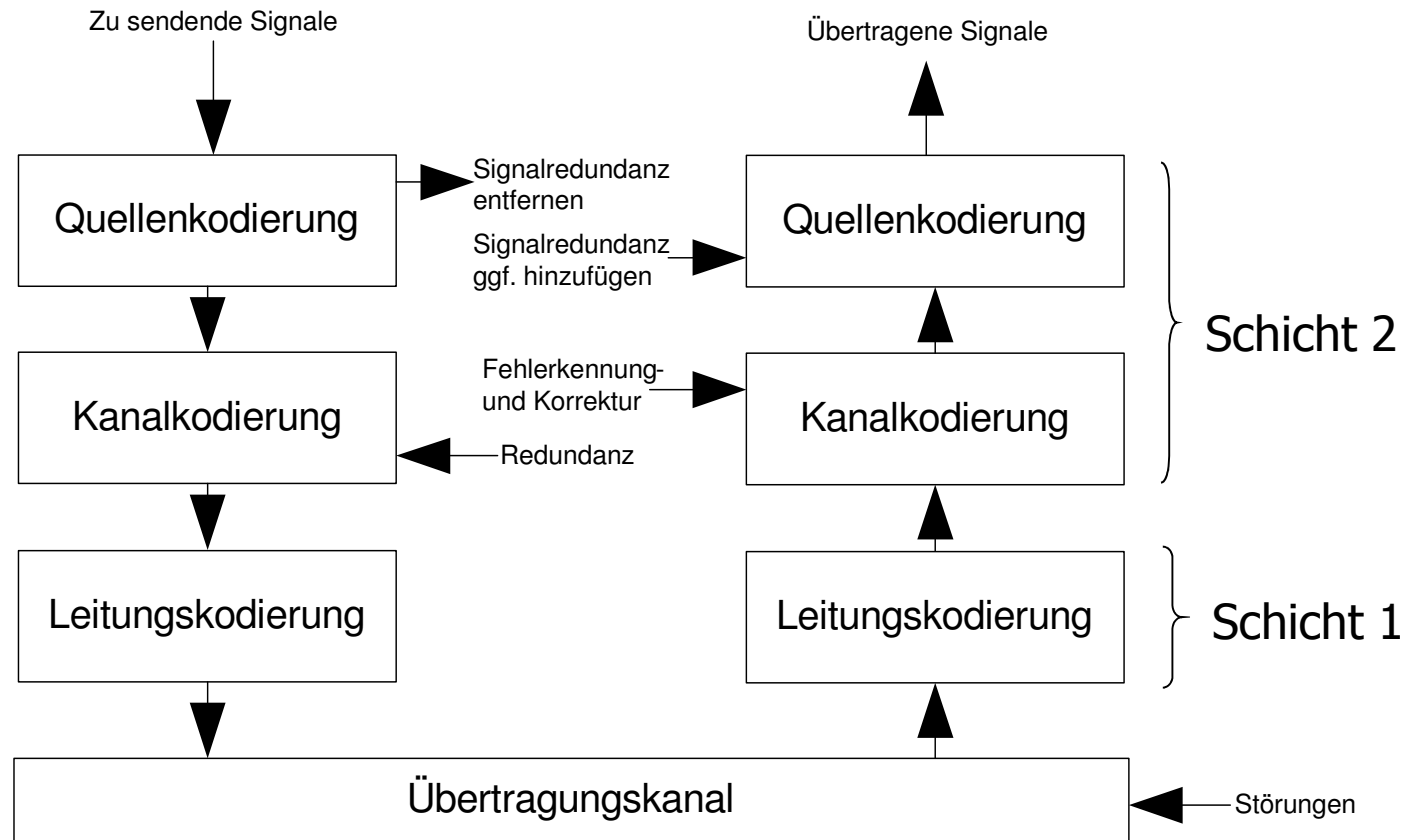
## Beispiel: Flusskontrolle mit XON/XOFF-Protokoll

---

### ■ Flusskontrolle



# Quellen- und Kanalkodierung





# Quellenkodierung

---

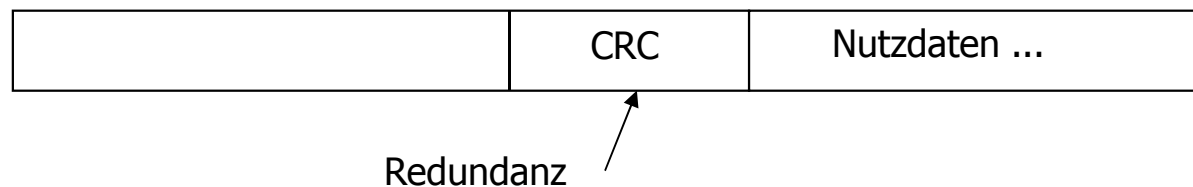
- Aufgabe: Information mit möglichst geringer Bitrate übertragen
- Datenkomprimierung
  - Wichtig vor allem bei Audio- und Videoströmen
  - Verlustbehaftete Kompression
    - Quellenkodierungstechniken
    - Semantik des Bitstroms wird ausgewertet und für die Komprimierung genutzt
    - Z.B. JPEG (Bilder), MP3 (Audio), MPEG (Video)
  - Verlustfreie Kompression
    - Entropiekodierungstechniken
    - Manipulation des Bitstroms, ohne Betrachtung der Semantik
    - Z.B. einfache Lauflängenkompession
      - AAAABBBBCDDDD → 4A3BC4D

# Kanalkodierung

---

- Aufgabe: Übertragungsfehler durch Redundanz erkennen und behandeln
  - Fehlererkennende und fehlerkorrigierende Codes
  - Nutzung auch bei der Speicherung von Daten (z.B. Hamming-Code)
- Verfahren
  - Paritätsbits (einfache Paritätsbits und zweidimensionale Parität)
  - Prüfsummen (auch in IP für Header genutzt)
  - Zyklische Redundanzcodes (CRC = Cyclic Redundancy Check)

Beispiel:  
Header eines Schicht-2-Protokolls (DL-PCI)



## Kanalkodierung – Zweidimensionale Parität

---

- 7-Bit-Code wird um ein Paritätsbit ergänzt (even oder odd)
- Über alle Bytes einer Nachricht
- Even Parity = auf gerade 1-Bit-Anzahl erweitern
  - 0101100 → 0101100**1**
- Ein zusätzliches Paritätsbyte für die gesamte Nachricht (in Schicht 2 auch Frame genannt)
- Beispiel: (5 Bytes im Frame) → 35 Nutzdaten-Bits, 13 Bits Redundanz

Daten	0101001	1	← Paritätsbits
	1101001	0	
	1011110	1	
	0001110	1	
	0110100	1	
	0100100	0	← Paritätsbyte

### Es lässt sich zeigen:

Alle 1-, 2- und 3-Bit-  
und die meisten 4-Bit-Fehler  
werden erkannt!

# Kanalkodierung – CRC (1)

---

- Gute Fehlererkennungsfähigkeit bei  $k$  redundanten Bits in einer  $n$ -Bit-Nachricht auch wenn  $k \ll n$  (entschieden kleiner)
- Beispiel:
  - Ethernet nutzt CRC-Code: Bei 1500-Byte-Frame = 12000 Bit wird mit 32-Bit-langem CRC der Großteil der Fehler gefunden ( $n = 12000$ ,  $k = 32$ )
- Wie wird es gemacht?
  - Senden und Empfangen von Nachrichten durch Austausch von „Polynomen“
  - Nachricht mit  $n+1$  Bits wird durch ein Polynom vom Grad  $n$  repräsentiert
  - Bits der Nachricht werden als Koeffizienten in den Termen verwendet
  - Beispiel:
    - Nachricht: 11011010
    - $M(x) = x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x$
  - Divisor-Polynom  $G(x)$  vom Grad  $k$  wird vereinbart → Auswahl wichtig für die Fehlererkennung
    - Beispiel:  $G(x) = x^3 + x^2 + 1$  ( $k = 3$ )
  - Gesendet werden bei einer Nachricht der Länge  $n+1$  insgesamt  $n+1+k$  Bits
  - Die redundante Nachricht wird als Polynom  $T(x)$  bezeichnet
  - $T(x)$  muss durch  $G(x)$  ohne Rest teilbar sein

## Kanalkodierung – CRC (2)

---

- Grundlage: Modulo-2-Arithmetik
  - Polynom  $B(x)$  ist durch Divisor-Polynom  $G(x)$  teilbar, wenn  $B(x)$  einen höheren Grad als  $G(x)$  hat
  - Polynom  $B(x)$  ist einmal durch Divisor-Polynom  $G(x)$  teilbar, wenn  $B(x)$  den gleichen Grad als  $G(x)$  hat
  - Rest einer Division wird durch Subtraktion  $B(x) - G(x)$  ermittelt
  - Subtraktion wird durch XOR-Operationen auf korrespondierende Koeffizientenpaare ermittelt
- Beispiel:
  - $B(x) = x^3 + x \rightarrow 1010$
  - $G(x) = x^3 + x^2 + 1 \rightarrow 1101$

```
1010
1101 XOR
-----
0111 = Rest
```

## Kanalkodierung – CRC (3)

---

- Algorithmus:

- $T(x) = M(x)$  ergänzt um  $k$  0-Bits ( $M(x) = \text{Nachricht}$ )
- Dividiere  $T(x)$  durch  $G(x)$
- Subtrahiere den Rest der Division von  $T(x) \rightarrow$  Ergebnis ist die um die Prüfsumme ergänzte Nachricht
- Übertrage  $T(x)$  an Empfänger
- Empfänger teilt  $T(x)$  durch  $G(x)$  und muss bei Fehlerfreiheit 0 als Rest erhalten, sonst ist die Übertragung fehlerhaft

- Es lässt sich zeigen:

- $T(x)$  ist durch  $G(x)$  teilbar!
- Denn es gilt für jede Division: Wenn man vom Dividenten den Rest abzieht, ist das Ergebnis durch den Divisor teilbar.“
  - Beispiel:  $101 : 25$  ist 4 Rest 1  $\rightarrow 101 - 1 = 100$  (ist durch 25 teilbar)

## Kanalkodierung – CRC (4)

### ■ Beispiel:

-  $M(x) = x^7 + x^4 + x^3 + x \rightarrow 10011010$

-  $G(x) = x^3 + x^2 + 1 = 1101$

1. Bit der Division = 1, da Dividend und Divisor den gleichen Grad aufweisen

1 1 1 1 1 0 0 1 (Quotient, Divisionsergebnis, nicht wichtig)

1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 (M(x) um 3 Nullen ergänzt)

1 1 0 1

1 0 0 1

1 1 0 1

1 0 0 0

1 1 0 1

1 0 1 1

1 1 0 1

1 1 0 0

1 1 0 1

1 0 0 0

1 1 0 1

1 0 1 (Rest)

Angehänger Rest muss vom Grad des Generatorpolynoms sein

$T(x) = 100 \blacksquare 11010 101$

$T(x)$  wird übertragen und ist durch  $G(x)$  ohne Rest teilbar! (Nachweis sieht unten)

## Kanalkodierung – CRC (5)

---

- Sender und Empfänger müssen natürlich  $G(x)$  kennen
- Ermittlung von  $G(x)$  (CRC-Polynom = Generator-Polynome) so, dass die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, eine **falsche** Nachricht so zu teilen, dass der Rest 0 ist
- Wichtige CRC-Polynome:
  - CRC-CCITT wird im HDLC-Protokoll verwendet
    - $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
  - CRC-32 wird im Ethernet-Protokoll verwendet
    - $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + 2^{12}x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$
- Ergänzung zum Verständnis: Modulo-2 Arithmetik
  - $M = \text{Daten}, R = \text{Divisionsrest}, G = \text{Divisor (Generatorpolynom)}, Q = \text{Quotient}$
  - $M * 2^n / G = Q + R / G \Rightarrow M * 2^n + R / G = Q \quad (R/G + R/G = 0)!!$
  - Dies lässt sich zeigen, da in Modulo-2 die Addition gleicher Zahlen immer 0 ergibt



## 1. Sicherungsschicht

- Aufgaben
- XON/XOFF-Protokoll
- Kodierung (Quellen-, Kanalkodierung)

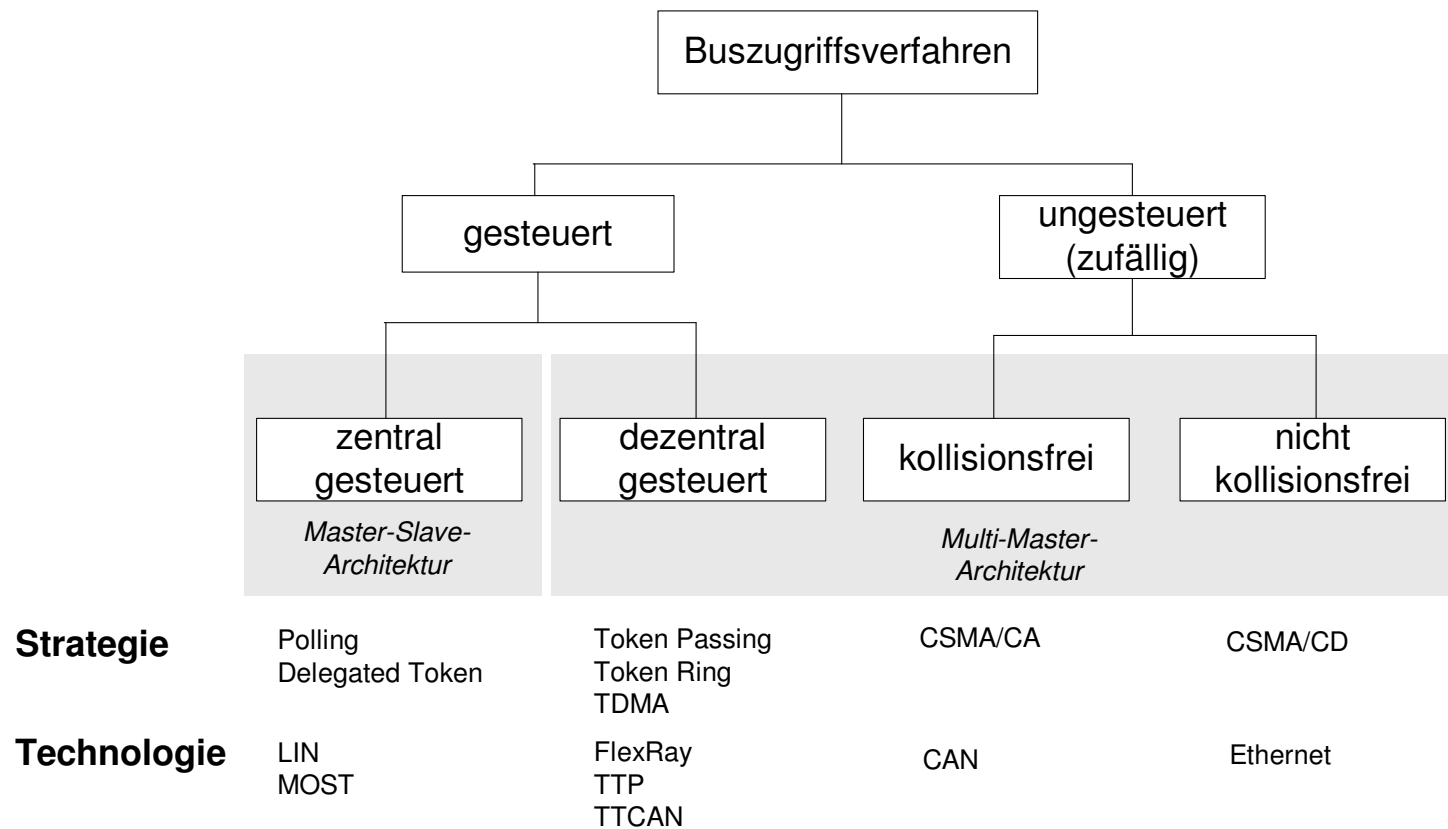
## 2. Buszugriffsverfahren und Ethernet

- Überblick
- CSMA-Protokolle
- Ethernet

# Buszugriffsverfahren

---

- Bus als gemeinsam genutztes Medium
- Einteilung der Zugriffsverfahren



# Zugriffsverfahren für Mehrfachzugriffskanäle

## ALOHA und CSMA

---

- **ALOHA** (Protokoll, das im ALOHAnet genutzt wurde)\*
  - Keine Prüfung des Kanals vor dem Senden
  - Nicht so effektiv
  - Varianten: slotted (feste Zuordnung von Zeitschlitzten) und pure (beliebiges Senden)
  - Pure ALOHA ist nicht kollisionsfrei
- **CSMA**
  - Prüfung des Kanals vor dem Senden
    - Trägererkennungprotokoll (Carrier Sense)
  - Varianten: non-persistent (Kanal frei -> Senden) und p-persistent (Kanal frei → Senden mit WS  $p$ )
  - CSMA ist nicht kollisionsfrei

\*) ALOHAnet = erstes Funk-basiertes Rechnernetz, nutzt ALOHA-Protokoll zur Verbindung der vielen Inseln um Hawaii

# CSMA-Protokolle

---

- Vorgänger: ALOHA (Hawaii)
- Non-Persistent CSMA
- p-persistent CSMA
  - Sonderfall: 1-persistent CSMA
- CSMA/CD

CSMA/CD =  
**C**arrier **S**ense  
**M**ultiple **A**ccess  
**C**ollision **D**etection

# CSMA-Protokolle

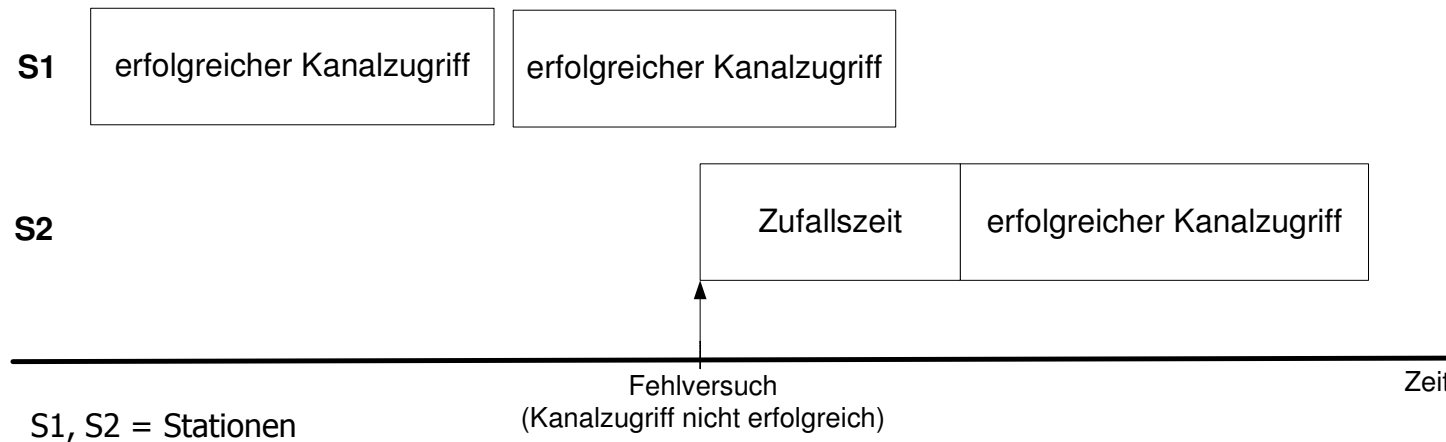
---

## ■ Non-Persistent CSMA

- Kanal frei → Senden
- Kanal belegt → Zufällige Zeit warten, dann erneut versuchen

### Non-persistent CSMA

CSMA/CD =  
**C**arrier **S**ense  
**M**ultiple **A**ccess  
**C**ollision **D**etection

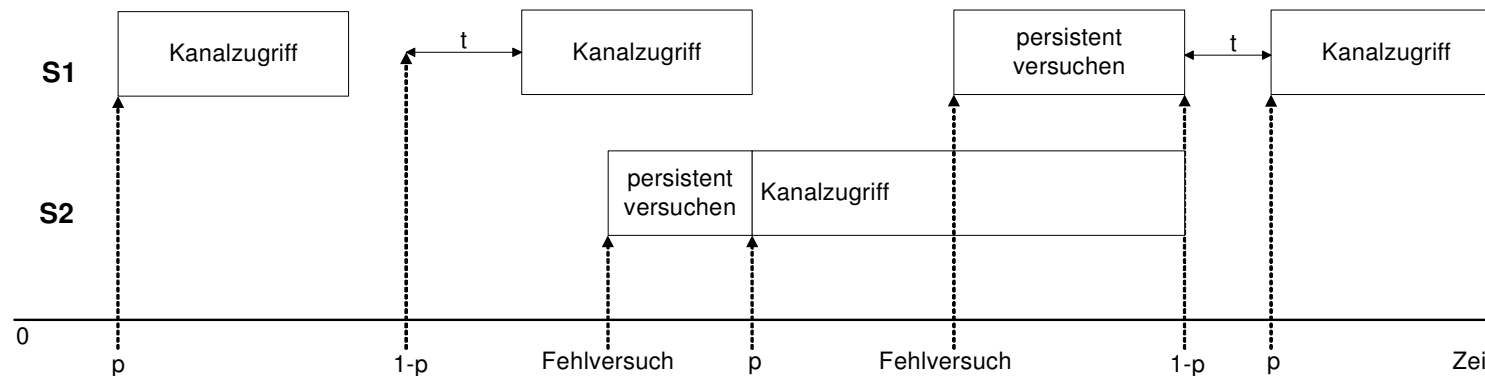


# CSMA-Protokolle

## ■ p-persistent CSMA

- Wenn Kanal frei ist, wird mit WS  $p$  gesendet und mit WS  $1-p$  eine zufällige Zeit gewartet und dann erneut gesendet
- Bei belegtem Kanal beobachtet Station zunächst den Kanal (siehe Station S2)

CSMA/CD =  
**C**arrier **S**ense  
**M**ultiple **A**ccess  
**C**ollision **D**etection

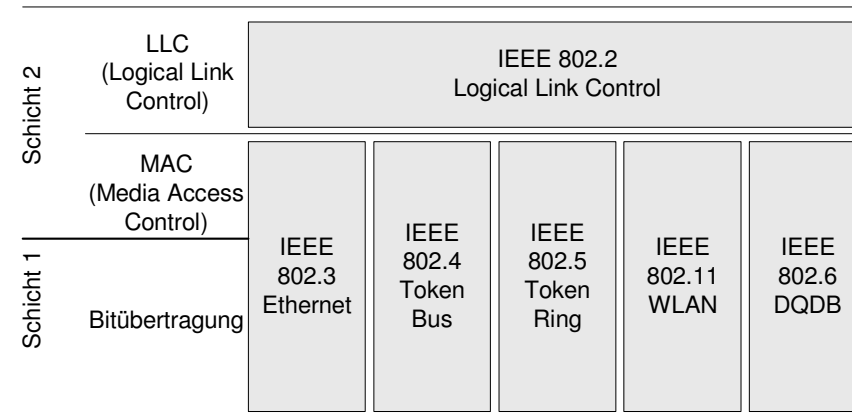


S1, S2 = Stationen

# IEEE 802.x

---

- Andere Klassifizierung von Buszugriffsverfahren:
  - Wettkampfverfahren
  - Token-Passing-Verfahren
  - Distributed-Queue-Dual-Bus-Verfahren (DQDB)
- IEEE-Standardisierungsgruppen



- Ethernet wurde Anfang der 70er Jahre von **Bob Metcalfe** entwickelt und als **IEEE 802.3-Standard** bekannt
- Die Architektur basiert auf der Definition von Funktionen auf den beiden untersten Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells für
  - die Festlegung der physikalischen Eigenschaften der benötigten Komponenten
  - die Zugriffsverfahren der Stationen auf das Netz und
  - den Aufbau der versendeten Nachrichten

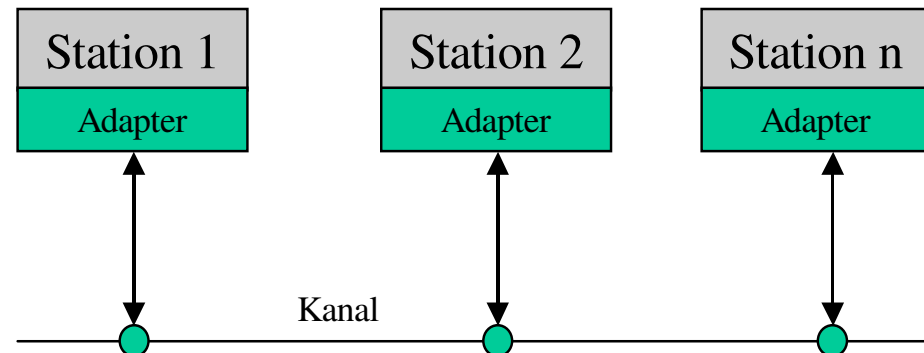


# Zugriffsverfahren

## Mehrfachzugriffskanäle, Grundprinzip

---

- Kein zentraler Controller
- Alle Stationen sind gleichberechtigt und entscheiden eigenständig
- Gesendete Signale pflanzen sich in beide Richtungen des Kanals fort
- Wettkampfverfahren erforderlich!
- Kollisionen möglich

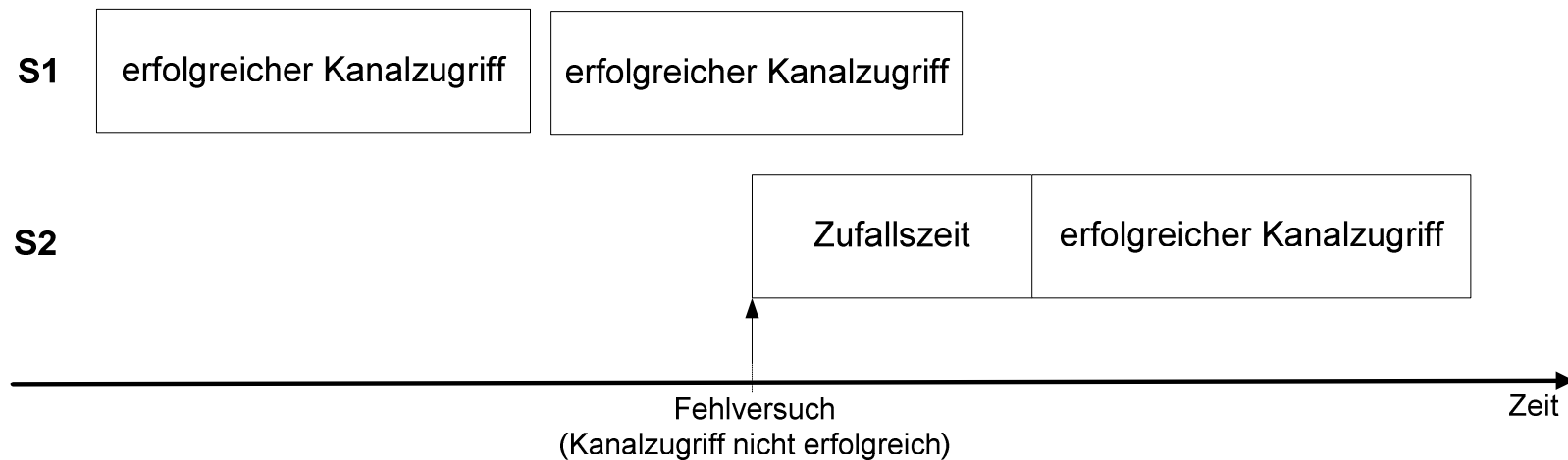


# Zugriffsverfahren für Ethernet

## CSMA, Non-persistent

---

- Kanalzugriff bei non-persistent CSMA
- Vor dem Senden wird geprüft, ob der Kanal frei ist
- Ist Kanal frei, wird auf alle Fälle gesendet



# Zugriffsverfahren

## CSMA/CD, Grundprinzip

---

- **MA** = „mehrfacher Zugriff“ von Rechnern auf ein Übertragungsmedium (Multiple Access)
- **CS** = „Befühlen des Mediums“: (Carrier Sense)
  - Sendewillige Station prüft, ob Kabel nicht gerade von einem anderen Rechner benutzt wird
  - Sendewillige Stationen hören den Bus ab und belegen ihn, wenn er frei ist (wenn keine andere Station bereits sendet)
- Im **Kollisionsfall** Abbruch des Sendevorgangs und Wiederholung
- Stochastisches Verfahren
  - **für zeitkritische Anwendungen nicht geeignet**
  - **nicht deterministisch**

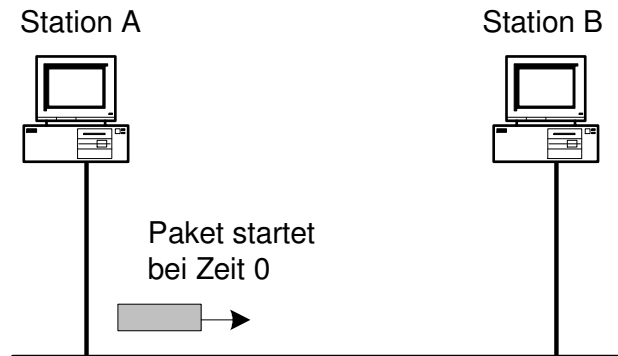
# Ethernet-Grundprinzip

---

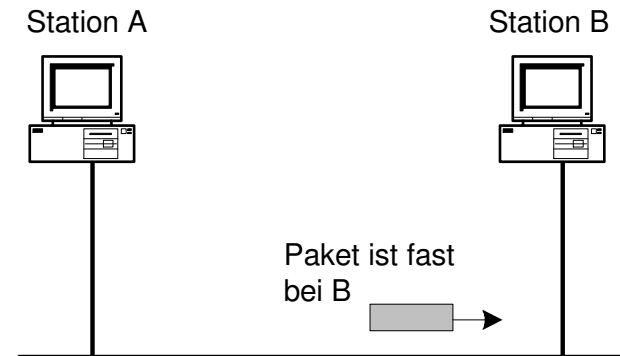
- CSMA/CD- Zugriffsverfahren auf das Medium (**dezentrale Steuerung**)
  - Medium wird von allen Stationen unabhängig abgehört, wenn Medium frei (keine Signalenergie) darf Station senden
  - **Kollision** möglich → Sendungen werden eingestellt
  - **Backoff**: Stationen warten eine bestimmte, zufällige Zeit → verhindert erneute Kollision
- Genaue Bezeichnung des Verfahrens: **1-persistent CSMA/CD mit exponentiellem Backoff**:
  - Bei freiem Medium wird sofort gesendet (1-persistent)
  - Bei Kollision wird zufällige Zeit gewartet (Rückzieher)
  - Nach jeder Kollision wird die Wartezeit bis zum 10. Versuch verdoppelt (binär exponentielles Wachstum)
  - Nach 16 Versuchen erfolgt Abbruch

# Kollisionen im Ethernet

---



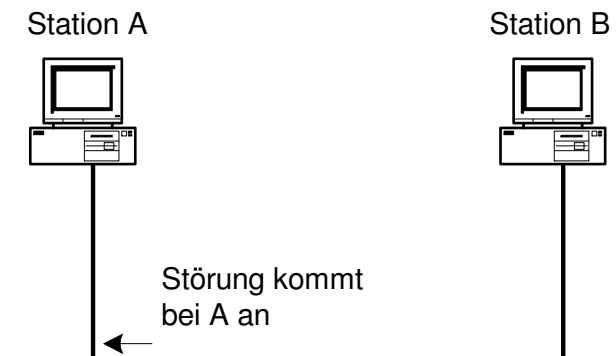
Szenario 1



Szenario 2



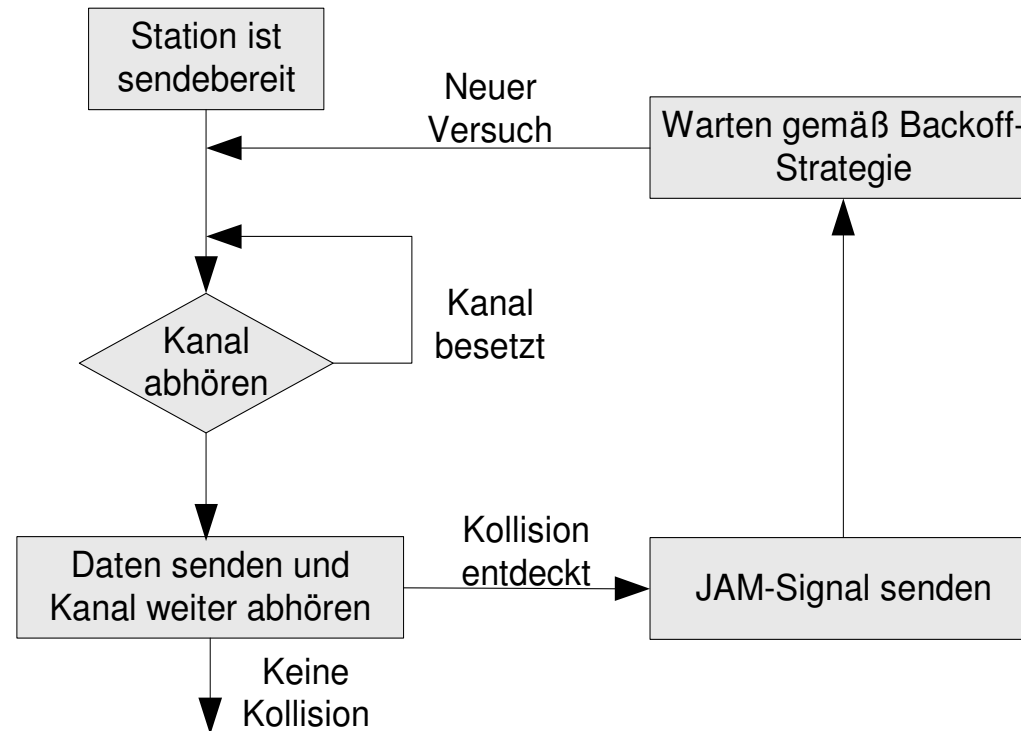
Szenario 3



Szenario 4

# Ethernet: Ablauf

---



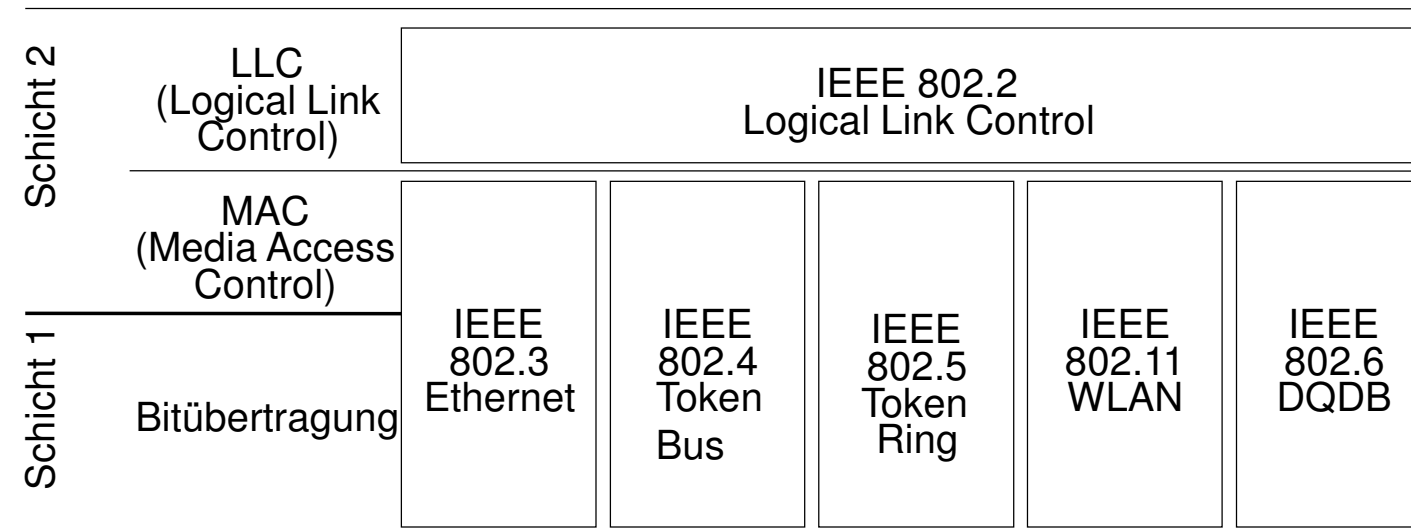
## Backoff-Algorithmus:

- Algorithmus bestimmt nach einer Kollision eine Zeitspanne zum Warten, bevor sie einen neuen Sendeversuch startet
- Die Zeitspanne ist ein Vielfaches von einem so genannten „Slot“ der z.B. 51,2 µs lang ist (je nach Ethernet-Typ, hier bei 10 Mbit/s)

## Einordnung in den IEEE 802-Standard

---

- Die Architektur basiert auf der Definition von Funktionen auf den beiden untersten Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells für
  - die Festlegung der physikalischen Eigenschaften
  - die Zugriffsverfahren der benötigten Stationen auf das Netz
  - den Aufbau der versendeten Nachrichten
- Unterschiedliche Arbeitsgruppen der IEEE 802.3



## Ethernet-Laufzeitbedingungen

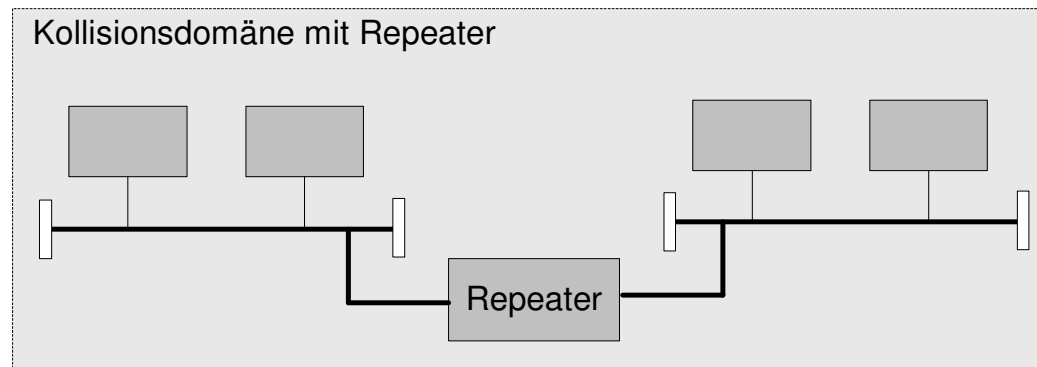
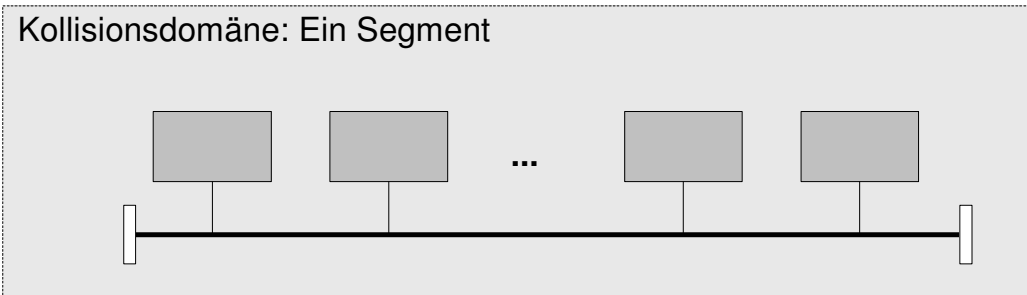
---

- Mindestrahmenlänge erforderlich, um Kollisionen zu erkennen → Mindestrahmenlänge 64 Byte bei 10 Mbit/s
- Ethernet-Standard begrenzt die Entfernung zwischen zwei Knoten
- Signallaufzeit muss bedacht werden
  - Bitzeit ist 0,1 Mikrosekunden bei 10 Mbit/s



# Kollisionsdomänen

---

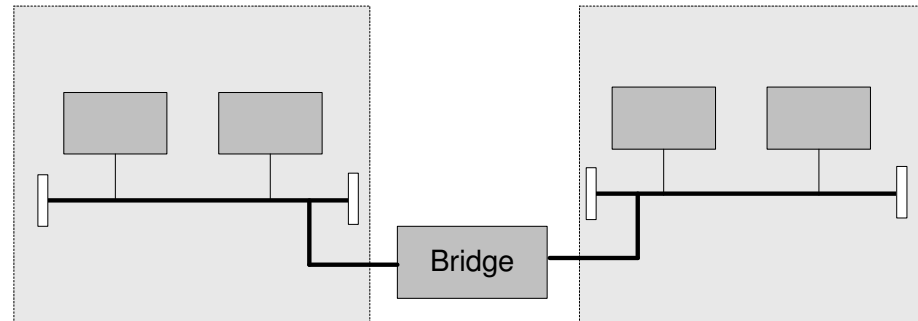


Quelle: Stein (2004): Taschenbuch Rechnernetze und Internet,  
Fachverlag Leipzig, S. 202

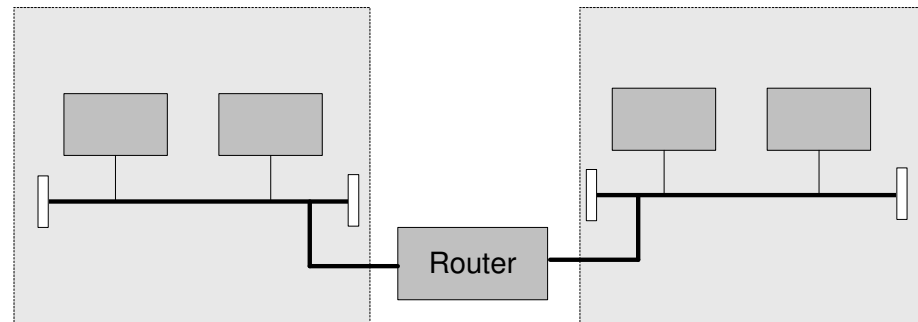
# Kollisionsdomänen

---

2 Kollisionsdomänen über Bridge verbunden



2 Kollisionsdomänen über Router verbunden



Quelle: Stein (2004): Taschenbuch Rechnernetze und Internet,  
Fachverlag Leipzig, S. 202

# Basisbandübertragung und Manchesterkodierung

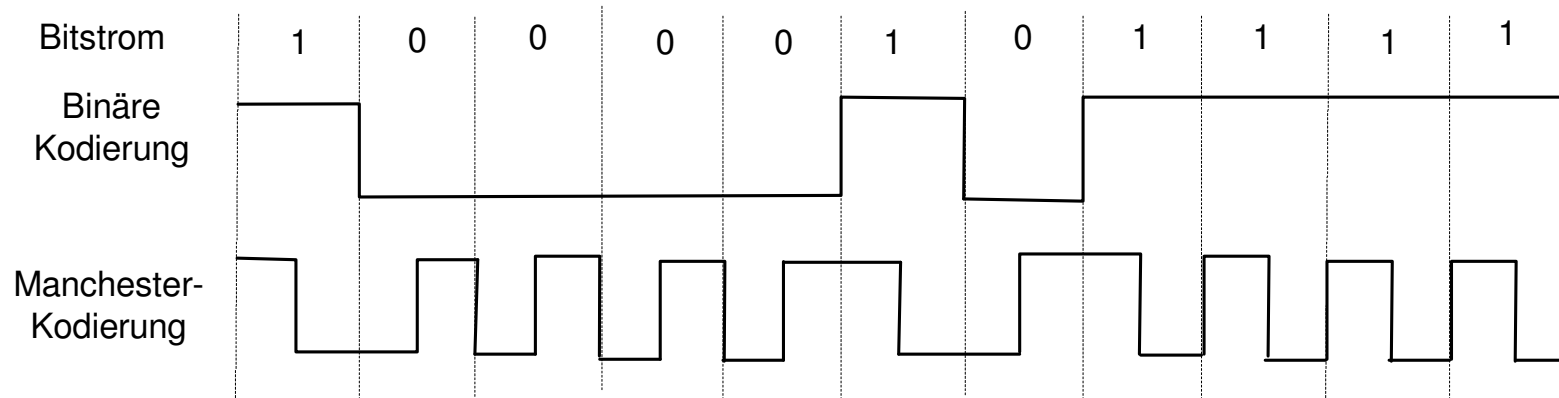
---

## ■ Basisbandübertragung

- Netzwerkadapter schiebt das digitale Signal direkt auf das Medium
- Keine Verschiebung des Signals in ein anderes Frequenzband wie bei ADSL

## ■ Leitungskodierung

- Manchesterkodierung wird verwendet (ältere Ethernets)



# Paketaufbau

---

- **Paketaufbau: Physikalischer Aufbau (MAC Frame)**

- Die Struktur des Ethernet Pakets ist grundsätzlich für alle Übertragungsraten gleich: (vgl.:Riggert, 2001)

Präambel	7 Byte	Dient der Synchronisation der Station auf dem gemeinsamen Kabel
Start Frame Delimiter	1 Byte	SFD markiert den Anfang des Pakets
Zieladresse	6 Byte	Zur Identifikation des Empfängers: z. B. 00 00 0C 60 50 01 <sub>(16)</sub>
Quelladresse	6 Byte	HW-Adresse des Senders z. B. 00 06 7C 67 45 31 <sub>(16)</sub>
Pakettyp oder Längenfeld	2 Byte	IP 0800 <sub>(16)</sub> ARP 0806 <sub>(16)</sub>
Nutzdaten und Padding	0 Byte – 1500 Byte	Falls weniger als 46 Byte Nutzdaten, wird mit Füllbyte aufgefüllt (Padding)
Prüfsumme CRC	4 Byte	Cyclic Redundancy Check

- ARP=Address Resolution Protocol übersetzt die IP-Adresse eines Rechners in eine MAC-Adresse → Siehe Internet-Protokolle

## Einschub: Ethernet-Broadcast

---

- Broadcast wird von Ethernet unterstützt
- In IPv4: Limited Broadcast wird in Ethernet-LANs auf Ethernet-Broadcast abgebildet
- Nutzung der Zieladresse „FF FF FF FF FF FF FF FF<sub>(16)</sub>“

## Ethernet: Familie von LAN-Konzepten

---

- Ethernet ist eine **Familie** von LAN-Konzepten
- Gemeinsamkeiten:
  - Rahmenaufbau
  - Zugriffsverfahren (CSMA/CD, nicht mehr ab 10-Gbit-Ethernet)
- Topologie:
  - **Anfänglich**: Bustopologie mit Koaxialkabeln
  - **Danach**: Sterntopologie mit Twisted-Pair-Kabeln und Multiport-Repeater (Hubs)
  - **Heute**: Sterntopologie mit bidirektionalen, geschalteten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (Switches)
    - Vollduplex

## Beispiele für Ethernet-Varianten

---

- 10Base5 (thicknet, Koaxialkabel)
- 10Base2 (cheapernet, Koaxialkabel)
- 10BaseT2 (2 Paare UTP Kat. 3,4 oder 5)
- 10BaseF (Glasfaser, 2 optische Fasern)
- 1000BaseT4 (4 Paare UTP Kat. 5 oder besser)
- 100BaseTX (2 Paare UTP Kat. 5 oder STP)

# 10Base5

## Bustopologie

---

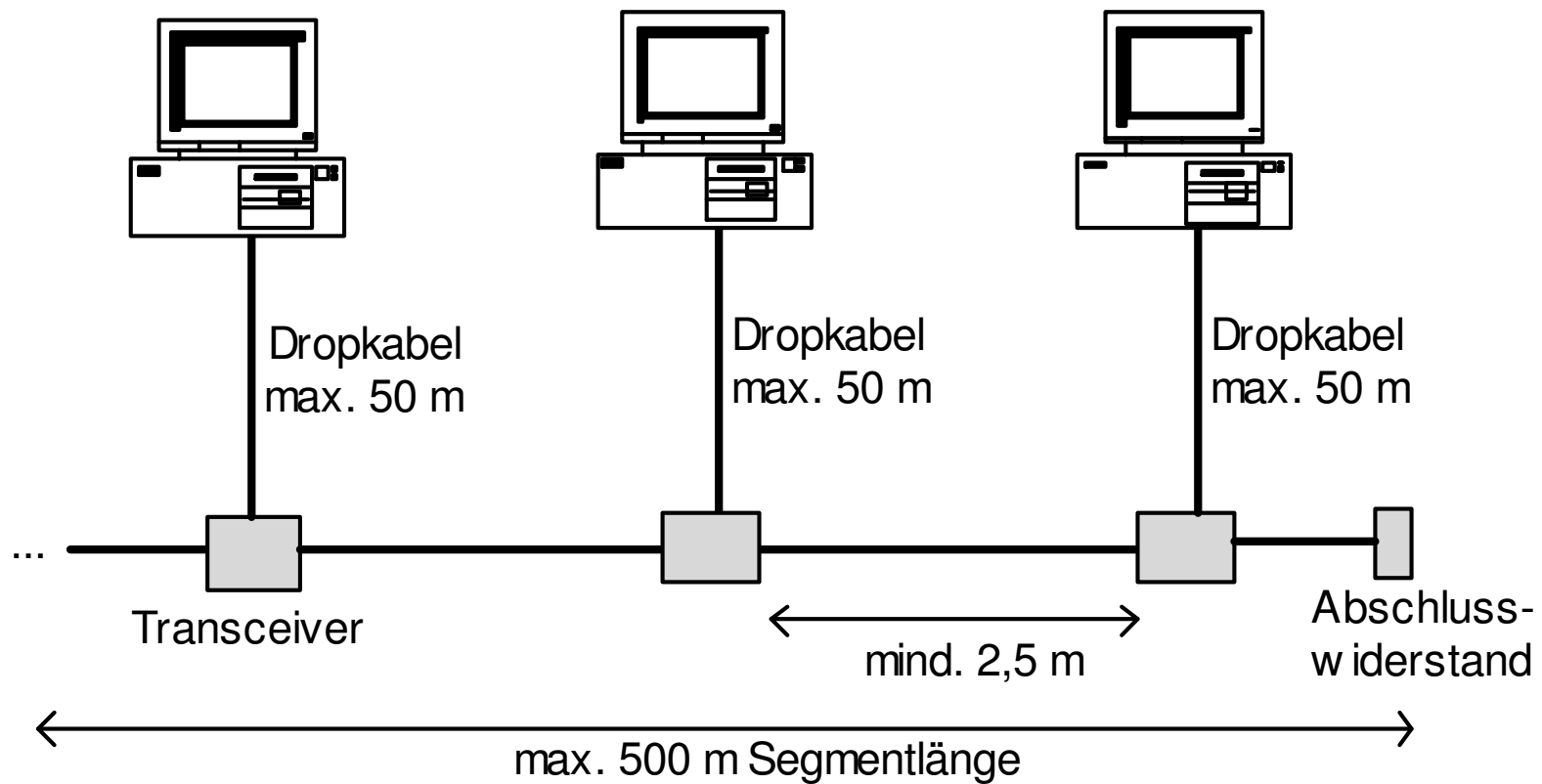
- Ausgangspunkt für Ethernet-Netzwerke („gelbes Kabel“)
- Alle Stationen sind über Transceiver an den Kanal gekoppelt
- Max. Segmentlänge: 500m
- Mindestabstand zwischen 2 Stationen: 2,5m
- Max. Anzahl der Stationen pro Segment: 100
- Max. Netzausdehnung: 2500 m (= 5 Segmente über 4 Repeater)
- Übertragungsgeschwindigkeit: 10 Mbit/s



# 10Base5

## Bustopologie

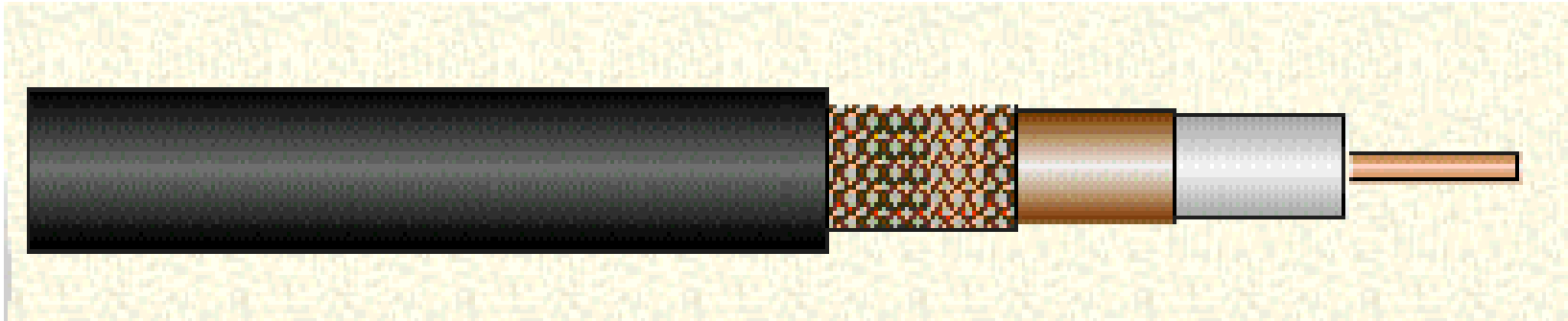
---



# 10Base5

## Verkabelung: Koaxialkabel

---



- 50 Ohm

# 10Base2

## Bustopologie

---

- Netze auf der Basis dieses Kabeltyps schließen die Stationen direkt an das Kabel gemäß BNC-Technik an
- BNC (Bayonet-Neill-Concelmann)-Stecker verbinden 2 Koaxialkabel
- Wegen Einsparung von Transceiver und -kabel preiswerter
- Max. Segmentlänge: 185m
- Mindestabstand zwischen 2 Stationen: 0,5m
- Max. Anzahl der Stationen pro Segment: 30
- Max. Netzausdehnung: 925 m (5 Segmente über 4 Repeater)
- Übertragungsgeschwindigkeit: 10 Mbit/s
- **Heute: Nicht mehr relevant!**

## Fast Ethernet: 100BaseT,..., 100BaseFX

---

- Varianten: FX, TX, T2, T4:
  - F → Glasfaserverkabelung
  - T → Twisted-Pair-Verkabelung
  - TX nutzt 2 Doppeladern (für Etagenverkabelung)
  - FX nutzt 2 Multimode-Fasern (Sekundärverkabelung)
  - T2/T4 nicht praxisrelevant, kaum genutzt
- Alle Varianten verwenden eine **Sterntopologie**
- Zugriffsverfahren und Rahmenformat nach 802.3
- Segmentlänge: 100 m
- Netzwerkausdehnung: 200 m, bei FX: 400 m
- Übertragungsgeschwindigkeit: 100 Mbit/s
- Vollduplex-Unterstützung → 200 Mbit/s

# Verkabelung für 10BaseT Twisted Pair

---

- Twisted Pair ist die generelle Bezeichnung für Kupferkabel mit einem oder mehreren verdrehten Leitungspaaren;
- Fast alle Dienste benötigen zur Signalübertragung 2 Paare (4 Adern):
  - 1 Paar für das Senden
  - 1 Paar für das Empfangen



# Verkabelung für 10BaseT Twisted Pair

---

- Durchbruch von Twisted Pair in Netzwerken zu Beginn der 80er Jahre; Ersatz für die teuren Koaxialkabel
- Um eine Störung der Signale auf den Leitungspaaren zu verhindern, sind die Adern symmetrisch gegeneinander verdreht
- Dadurch neutralisieren sich die elektromagnetischen Kräfte, die von stromleitenden Adern ausgehen
- Beim Kabelaufbau werden mehrere Varianten unterschieden:
  - UTP
  - STP
  - S/UTP
  - S/STP
  - S/FTP, F/FTP oder SF/FTP (Screened Foiled Twisted Pair)
- Sie unterscheiden sich nach der Art der Abschirmung

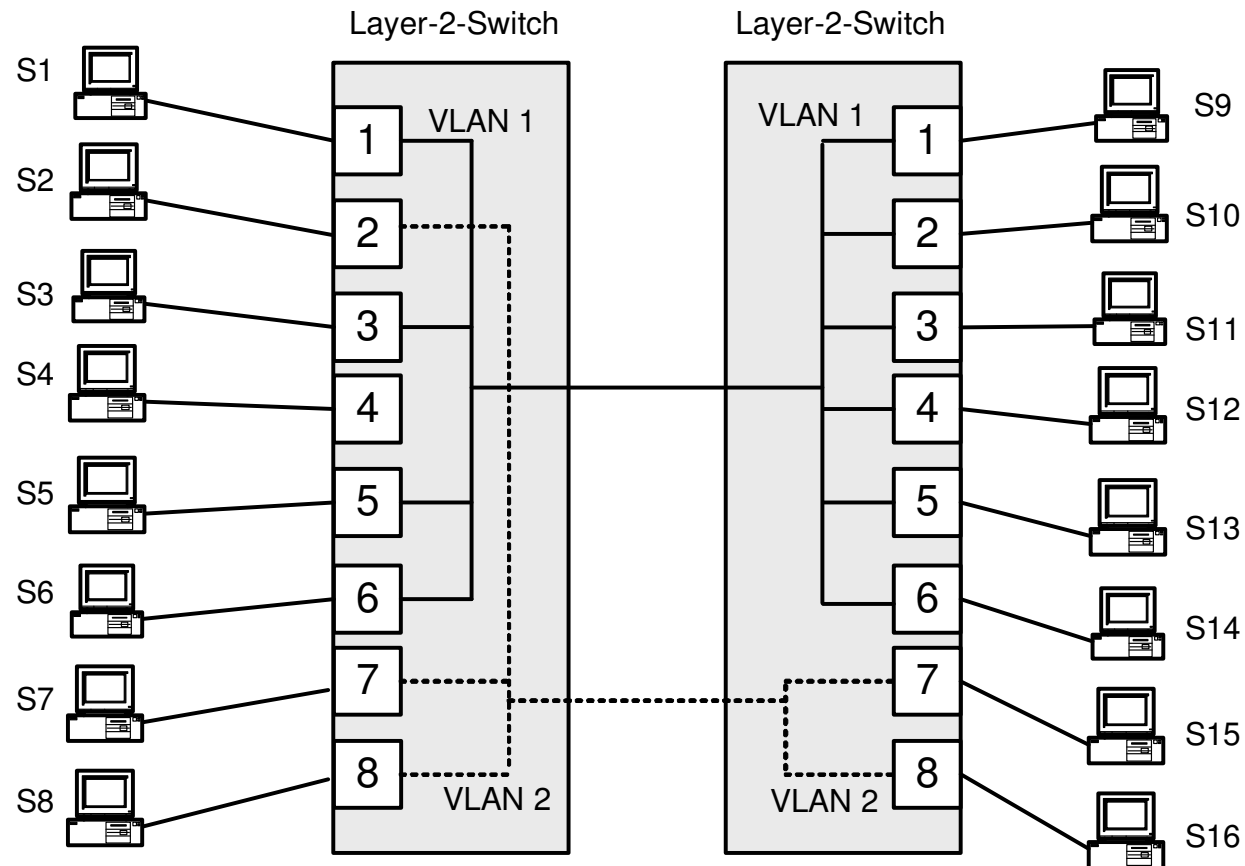
## Gigabit- und 10Gigabit-Ethernet Varianten

---

- 1000BaseT (4 Paare UTP Kat. 5, Distanz: 100 m)
- 1000BaseSX (Glasfaser, Distanz: 10 km)
- 10Gbase-LR (4 Paare UTP Kat. 5 oder besser)
- ...

# Ethernet: LAN-Switching und VLAN

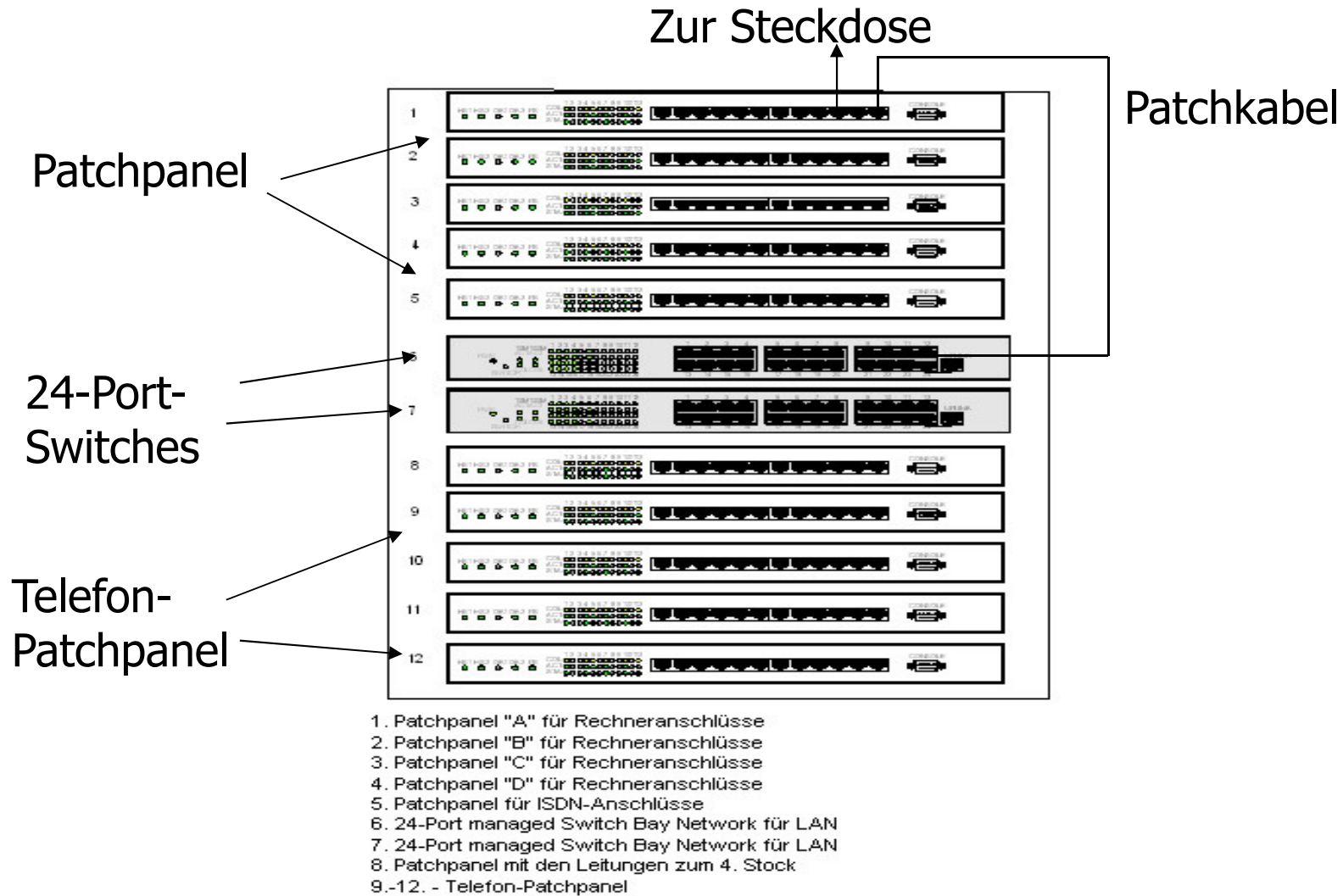
---





# Strukturierte Verkabelung

## Beispiel: Verteilerkasten



# Switch

---

- Arbeitet auf der Schicht 2 und verbindet mehrere Segmente
- Exklusive Leitung je Port möglich:
  - Jeder Port ist eine eigene Kollisionsdomäne
  - Verzicht auf „shared Medium“
  - Keine Kollisionsbehandlung mehr erforderlich
  - Trotzdem noch CSMA/CD → eigentlich nicht mehr notwendig
- MAC-Schicht hat zusätzliche Flusssteuerung
  - Empfänger sendet Pausenrahmen zur Vermeidung von Pufferüberläufen im Switch
- Ein Switch kann in einem Ethernet-LAN verschiedene Gruppen schalten.
  - Z.B. können 100 Mbit/s-Segmente mit 10 Mbit/s-Segmente verbunden werden

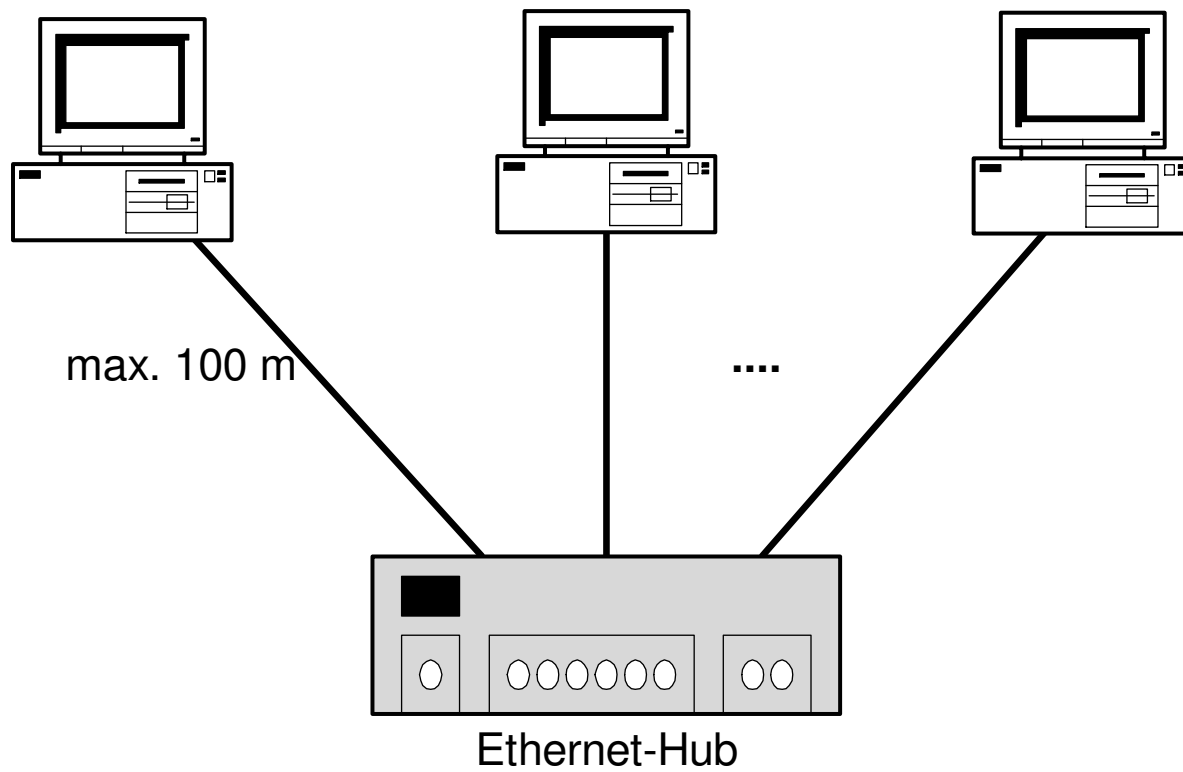
# Hub

---

- Verbindet mehrere Segmente eines LANs
- Besitzt mehrere Ports
- Kommt ein Paket an einem Port an, wird es an alle anderen Ports weitergeleitet
- Ein passiver Hub überträgt Daten von einem Port an alle anderen
- Ein intelligenter Hub beinhaltet Features, die es dem Administrator ermöglichen, den Verkehr des Hub zu überwachen und jeden Port im Hub zu konfigurieren
- Ein switching Hub liest die Zieladresse und gibt das Paket an den richtigen Port weiter

# Hub

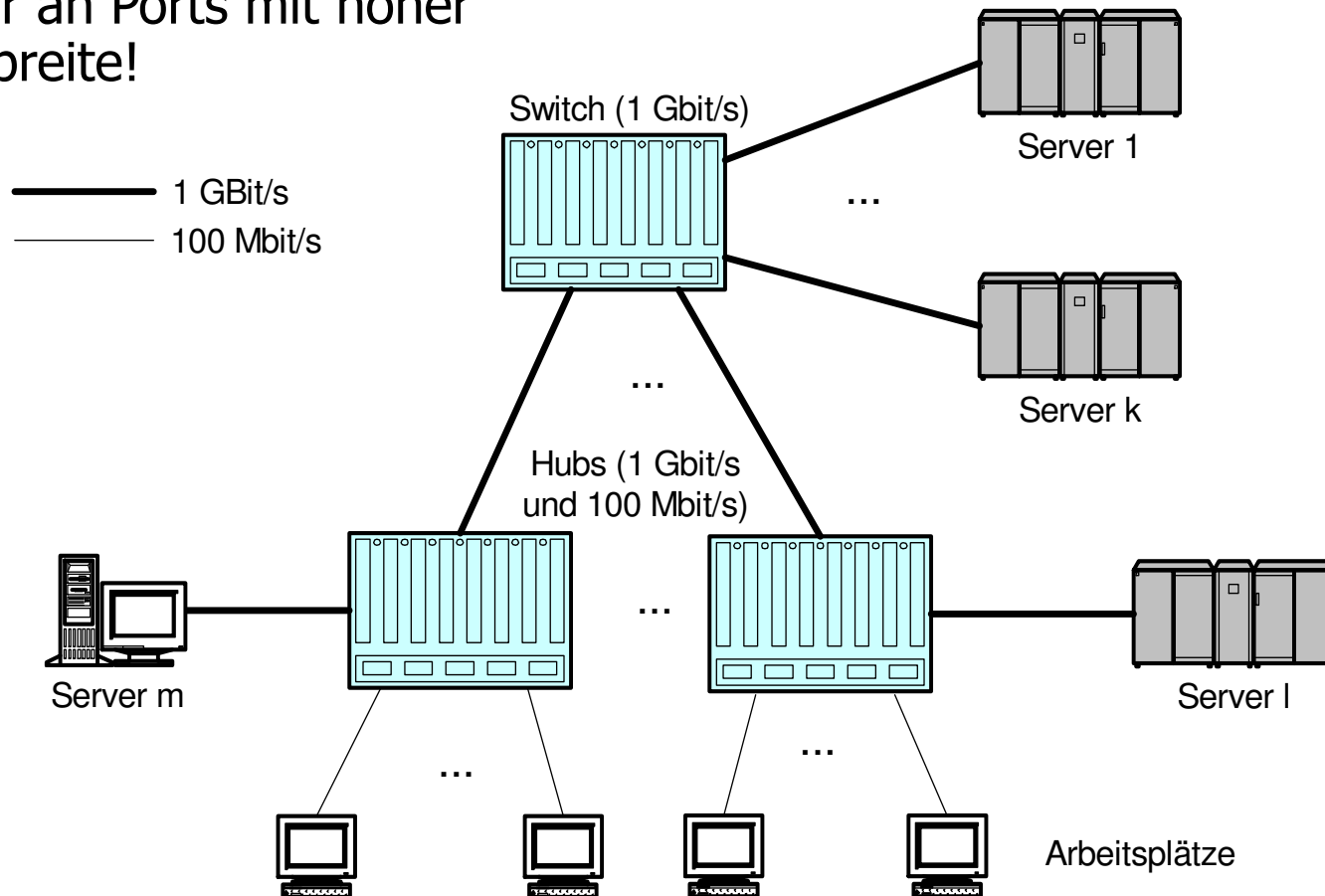
---



# Switches und Hubs

## Anwendungsbeispiel

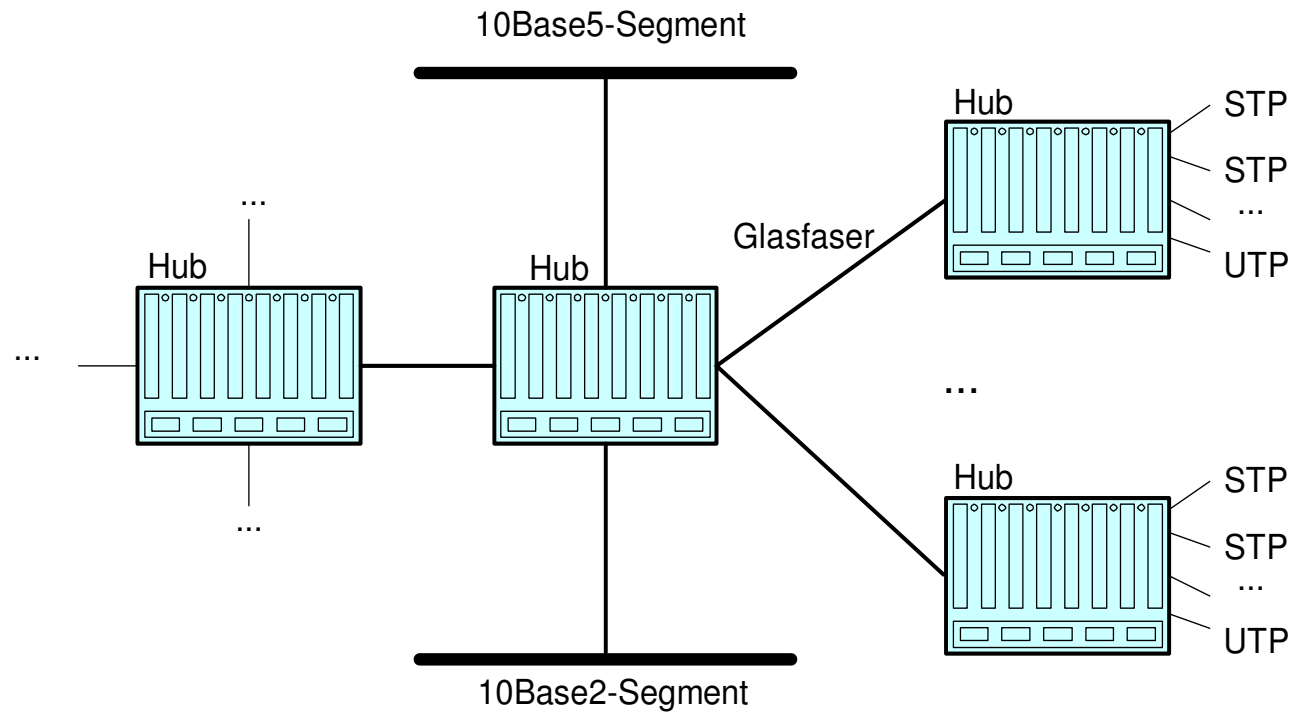
Server an Ports mit hoher  
Bandbreite!



## Switches und Hubs

### Hub als Sternkoppler, Beispiel

# Sterntopologie



## Rückblick: That's it!

---

### 1. Sicherungsschicht

- Aufgaben
- XON/XOFF-Protokoll
- Kodierung (Quellen-, Kanalkodierung)

### 2. Buszugriffsverfahren und Ethernet

- Überblick
- CSMA-Protokolle
- Ethernet