Rechnernetze und Telekommunikation

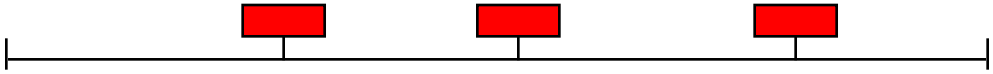
LANs

Übersicht

- LAN-Topologien
- LAN-Medien
- IEEE 802.3 Ethernet
  - Protokoll
  - Adressen
- ARP
- LAN-Struktur
- Switching
- VLANs
- LAN-Geräte

Topologien (1)

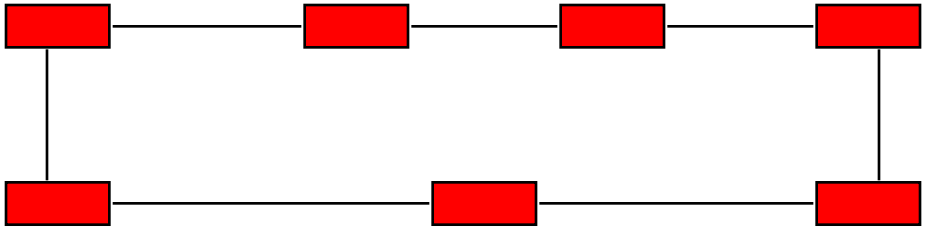
- **Bus**



+ einfach
+ 'wenig' Kabel
- speziell (nur für 10M-Ether)
- aufwendige Fehlersuche
- für große Entfernungen?

Topologien (2)

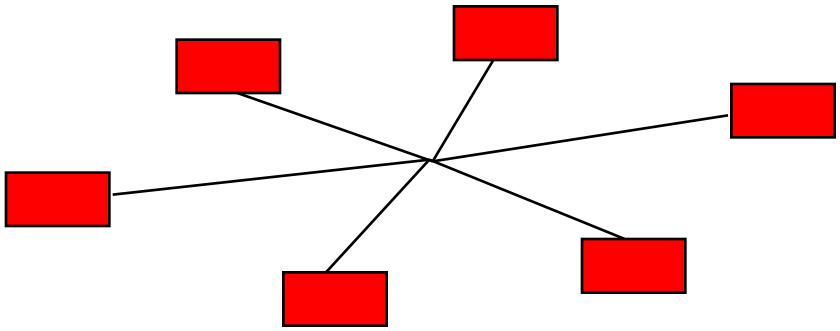
- **Ring**



+ einfach
+ implizite Redundanz
- lange Kabelwege
  (länger als Bus)
- Signal läuft durch alle Komponenten

Topologien (3)

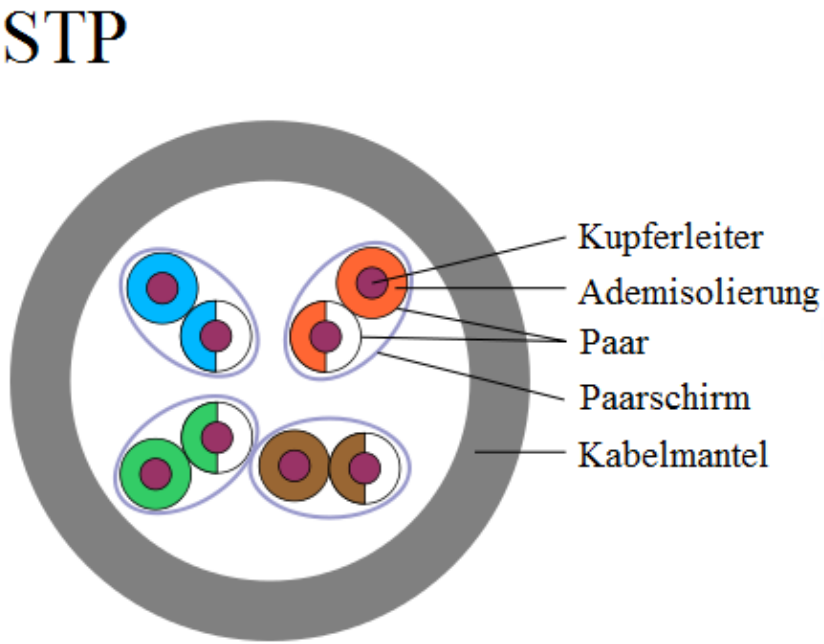
- **Stern**



+ Standard
+ flexibel
+ gutes 'soft fail‘
+ gute Datensicherheit
+ gute Problemeingrenzung
- aufwendig
- ‚viel‘ Kabel im Zentrum

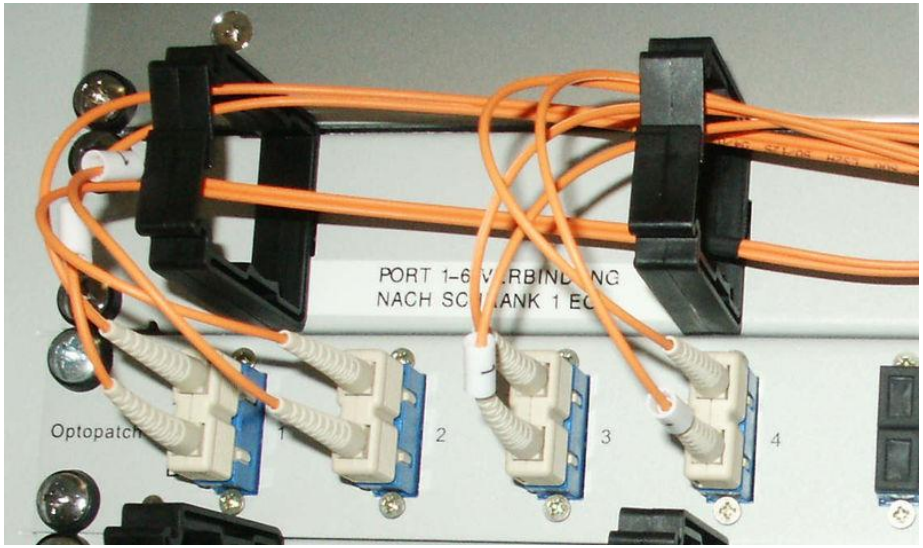
Medien (1)

- **Kupferkabel**
  - **Twisted Pair („TP“)**
    - Shielded (STP)
    - Unshielded (UTP)
  - **Selten heute Koaxialkabel**
- **I.d.R heute CAT5**
  - **Spezifiziert bis 100 Mhz**
  - **Verwendung**
    - Telefon
    - Fast Ethernet/ GigabitEthernet („CAT5e“)
- **CAT-6A/CAT-7**
  - **Spezifiziert 600-1000 MHz**
  - **Verwendung**
    - 10 GBEthernet



Medien (2)

- **Glasfaser (‚LWL', ‚F')**
  - Geeignet für
    Stern und Ring Topologie



\+ Potentialtrennung

\+ keine elektromagnetische Beeinflussung

\+ hohe Bandbreite bei großen Längen

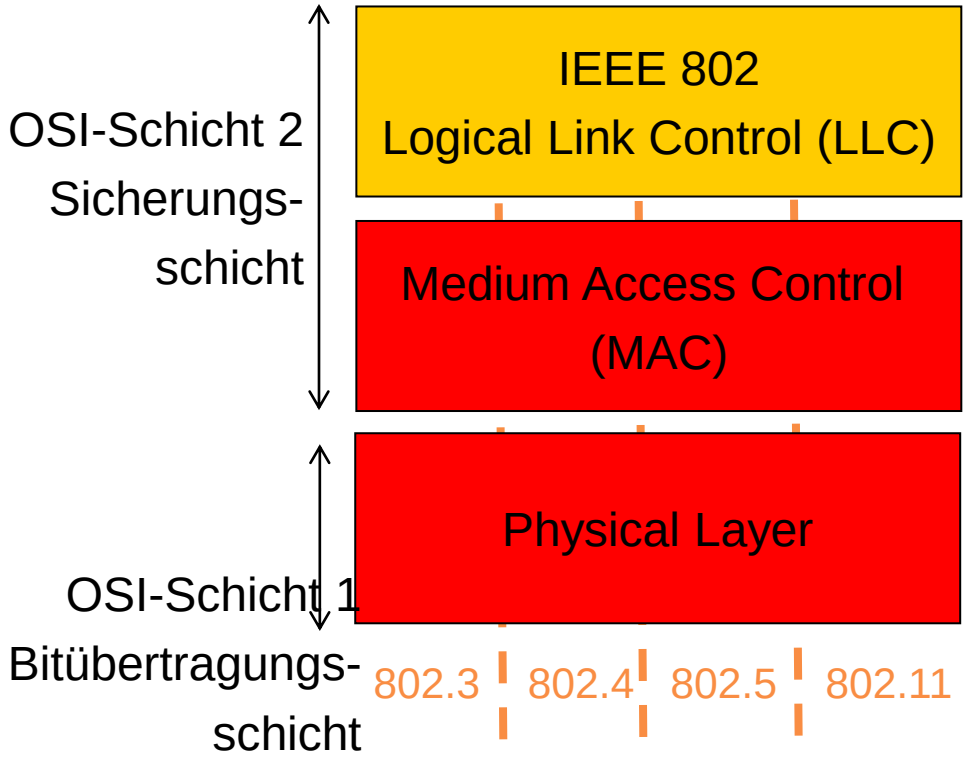
\+ geringe Dämpfung

\+ zukunftssicher

\- passive,
insbesondere aktive Komponenten teuer

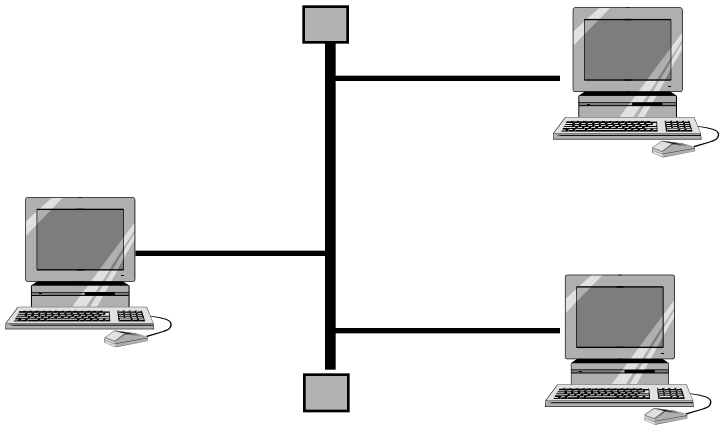
IEEE 802 Standards

- **Standards für LANs (Local Area Networks)**
- **z.B.**
  - **802.3 – Ethernet**
  - **802.4 – Tokenbus**
  - **802.5 – Tokenring**
  - **802.11 – WLAN**
  - **802.15 – Bluetooth**
- **Definiert OSI-Schicht 1 u. 2**



Ethernet und IEEE 802.3

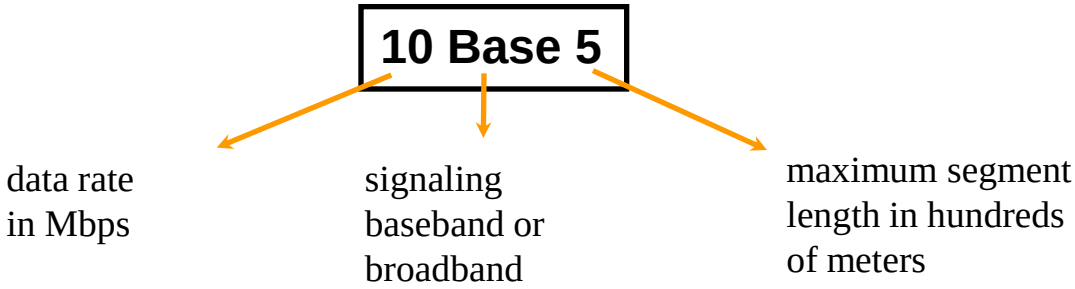
- Entwickelt Mitte der 70 Jahre am Xerox Palo Alto Research Center (Bob Metcalfe)
- Später überarbeitet von DEC, Intel and Xerox (DIX standard)
- Wurde 1985 zu IEEE 802.3
- Ethernet und IEEE 802.3 haben unterschiedliches Frame-Format



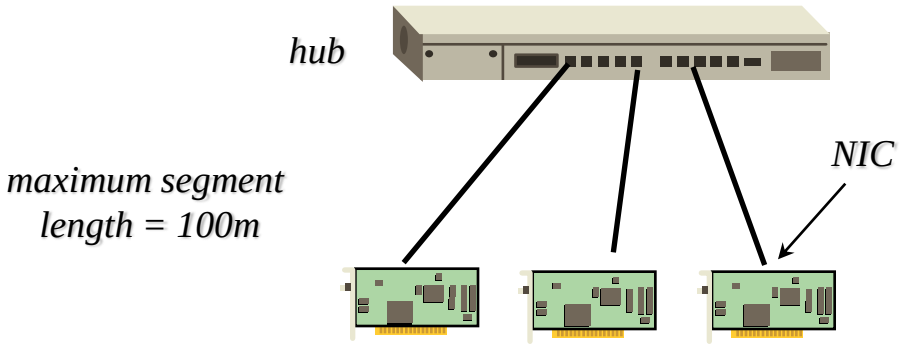
IEEE 802.3 Spezifikationen

- **Verschiedene Standards für IEEE802.3**
  - 10Base5 -- thickwire coaxial
  - 10Base2 -- thinwire coaxial or cheapernet
  - 10BaseT -- twisted pair
  - 10BaseF -- fiber optics

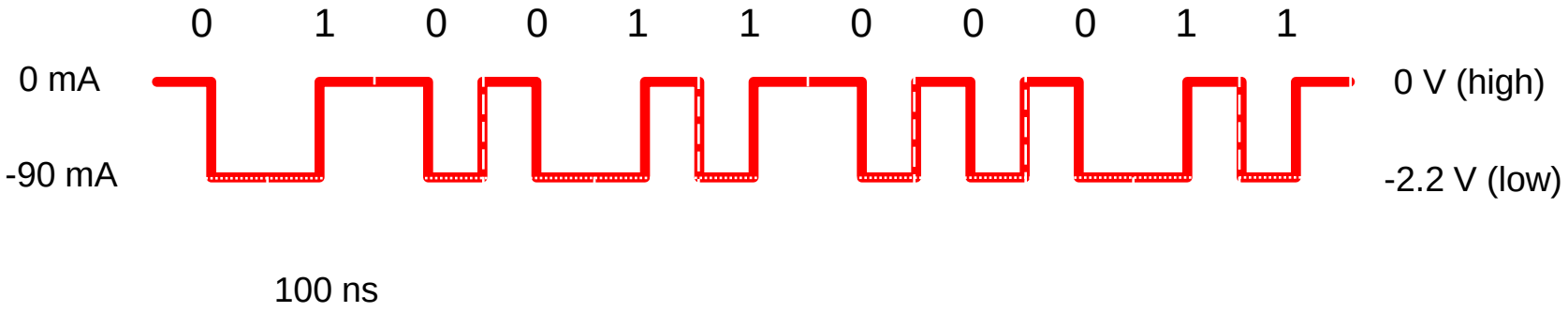
- **Fast Ethernet**
  - 100BaseT
  - 10000BaseT (Gigabit Ethernet)



- **Zentraler Hub als Repeater**
  - **Stern-Topologie (obwohl im Prinzip Bus)**

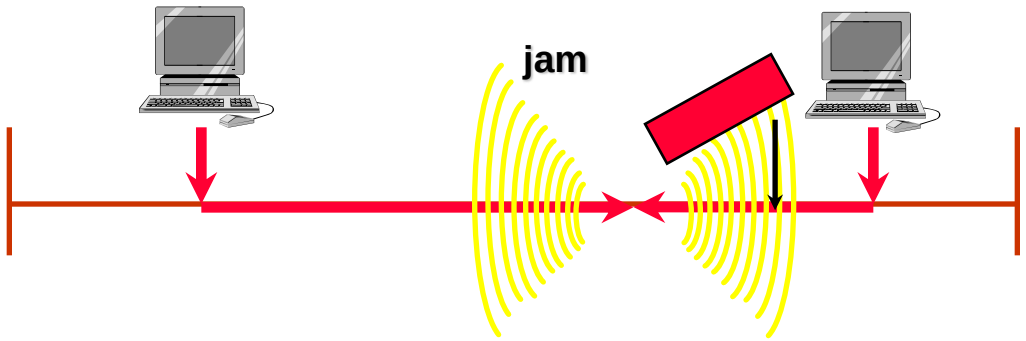


- **Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)**
  - Erst Hören, dann Senden
- Manchester Codierung: ein Übergang pro Bit
  - 0 : high-to-low
  - 1 : low-to-high

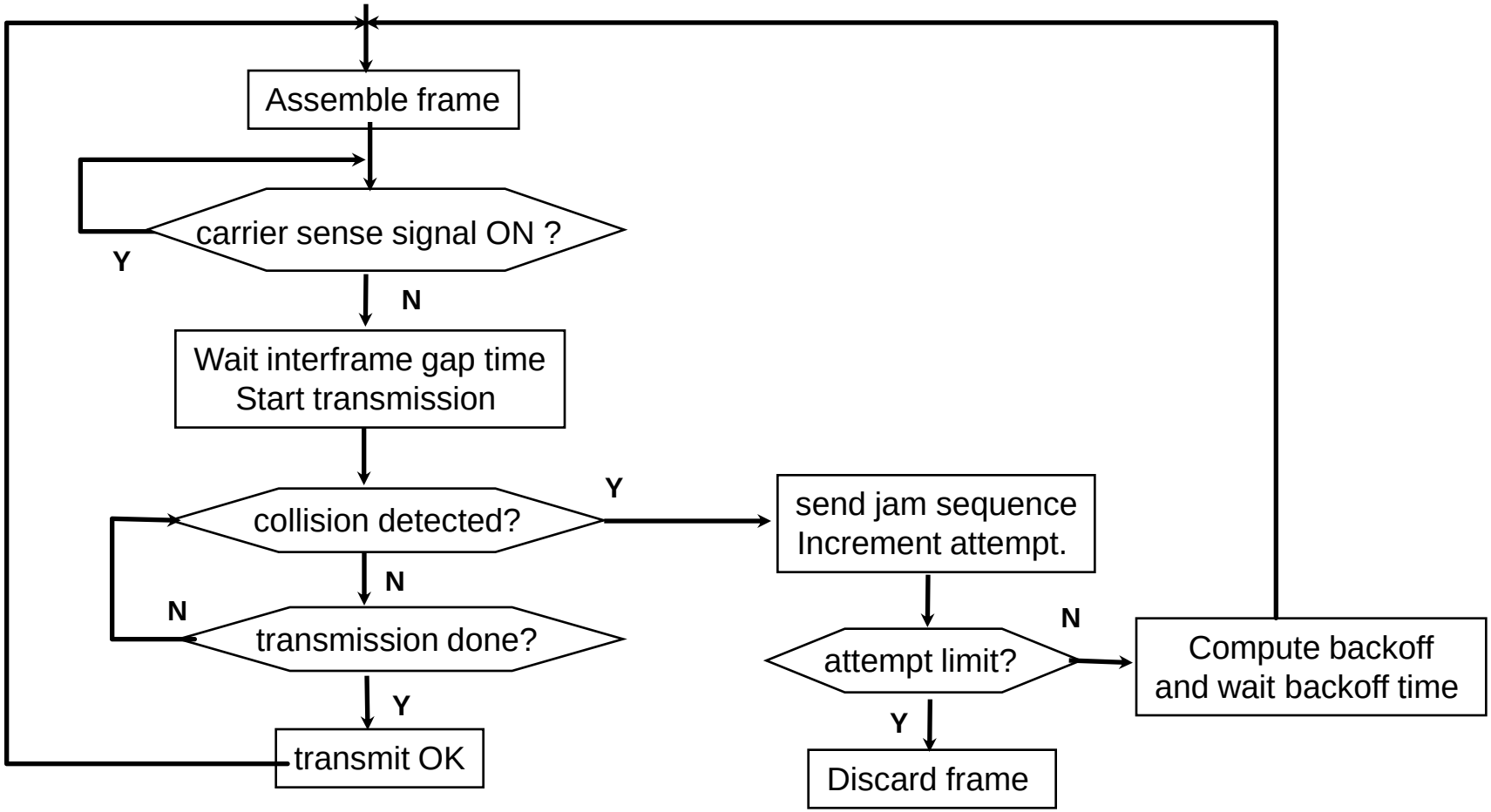


Kollision

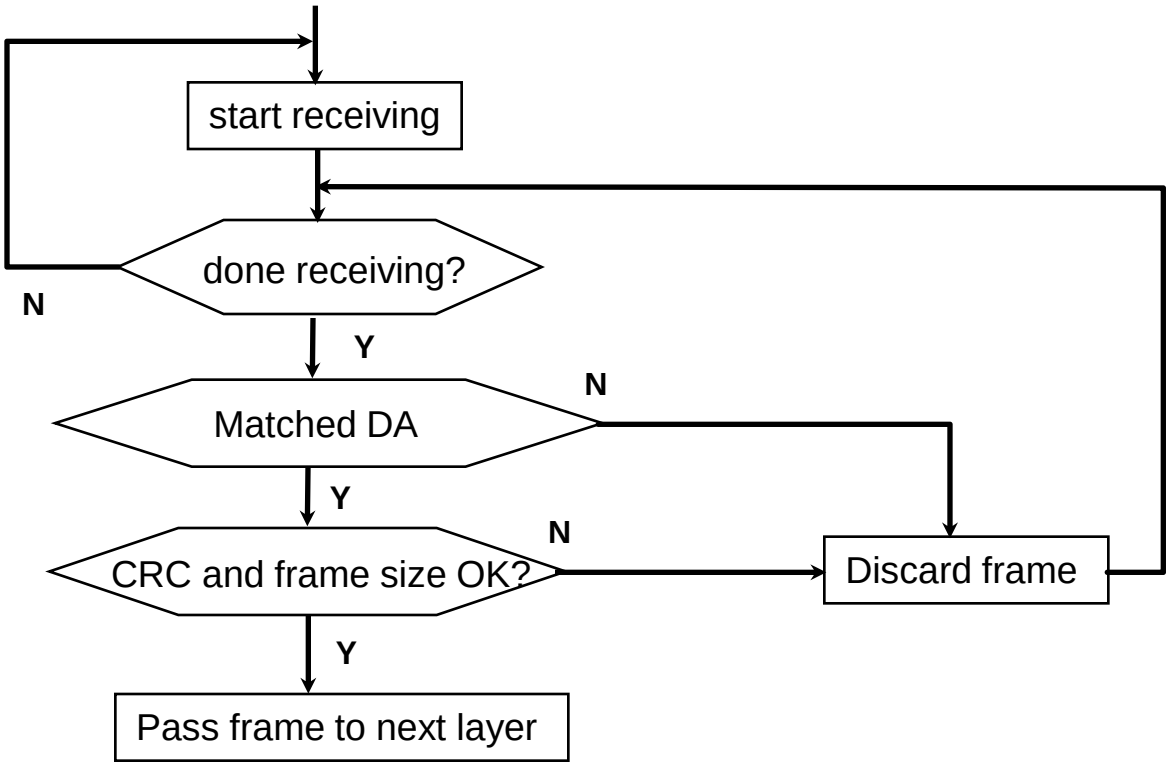
- Mehr als eine Station sendet ein Frame zu einem Zeitpunkt
- Stationen überprüfen den Kanal bzgl. Kollisionen während sie senden
- Wenn der der durchschnittliche Spannungspegel einen Schwellwert überschreitet, wird eine Kollision erkannt
- Sendende Stationen senden ein Jamming-Signal, wenn eine Kollision erkannt wird



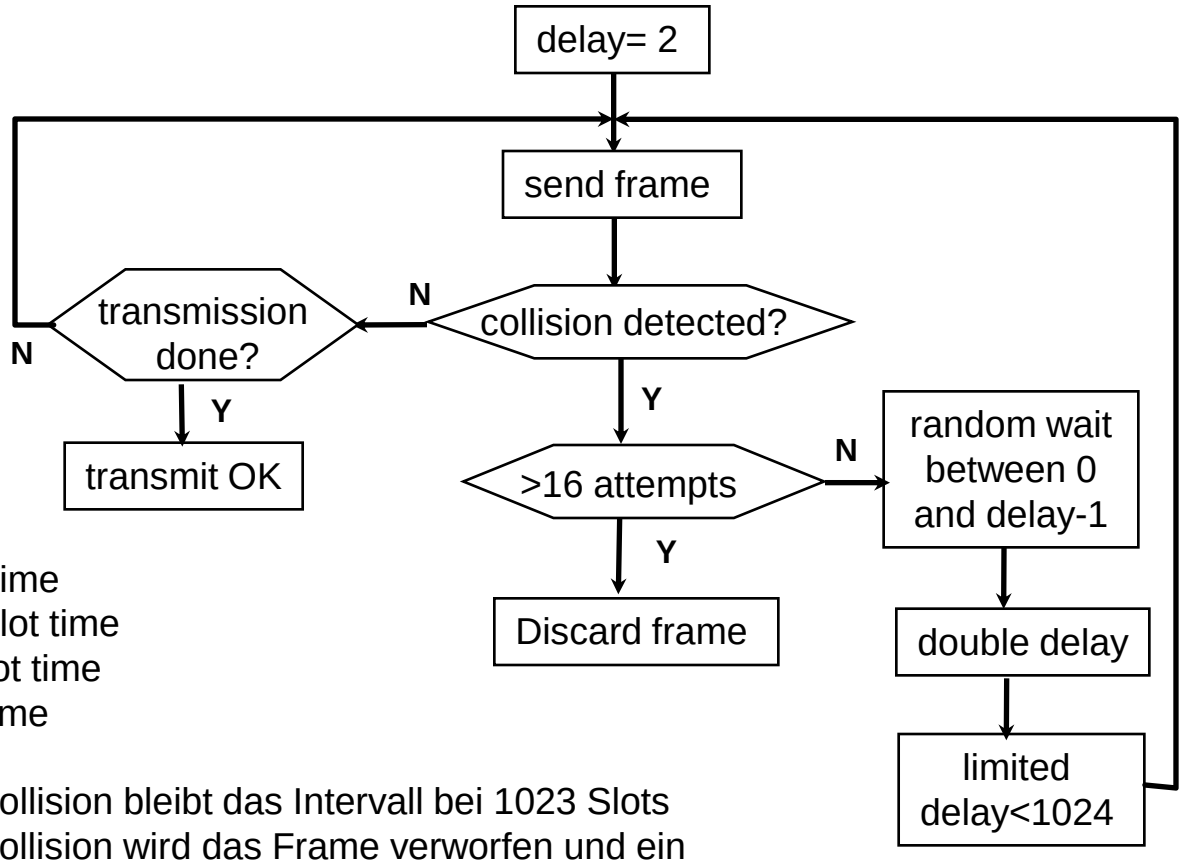
Frame transmission



Frame reception



Binary Exponential Backoff

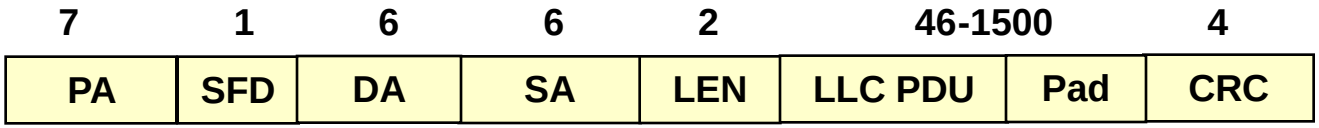


1st wait 0 or 1 slot time
2nd wait 0,1,2 or 3 slot time
3rd wait 0,1,2,..7 slot time
kth wait 0.. 2^k slot time

- Nach der 10. Kollision bleibt das Intervall bei 1023 Slots
- Nach der 16. Kollision wird das Frame verworfen und ein Fehler gemeldet

max delay <= 1023*51.2 ms=52.4 ms

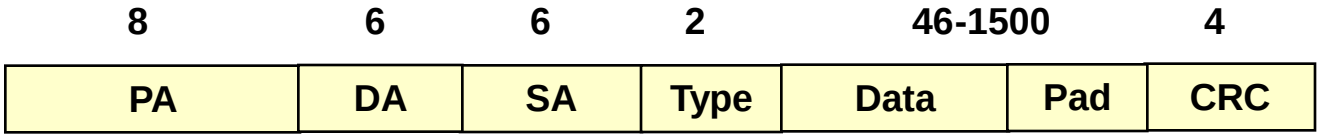
Ethernet Frame Format



IEEE 802.3

calculation of the FCS

64-1518 bytes



Ethernet

PA : Preamble - 10101010s for synchronization
SFD : Start of Frame delimiter -- 10101011 to start frame
DA: Destination Address -- MAC address
SA: Source Address -- MAC address
LEN: Length -- Number of data bytes
Type: identify the higher -level protocol
LLC PDU+pad -- minimum 46 bytes, maximum 1500
CRC : CRC-32

- **I/G**
  - **=0 Individual address**
  - **=1 Group address**
- **U/L**
  - **=0 Global administered address**
  - **=1 Local administered address**

- **Unicast :** Ein Empfänger
- **Broadcast :** FFFFFFFF Jede Station
- **Multicast :** Mehrere Empfänger in einer definierten Gruppe

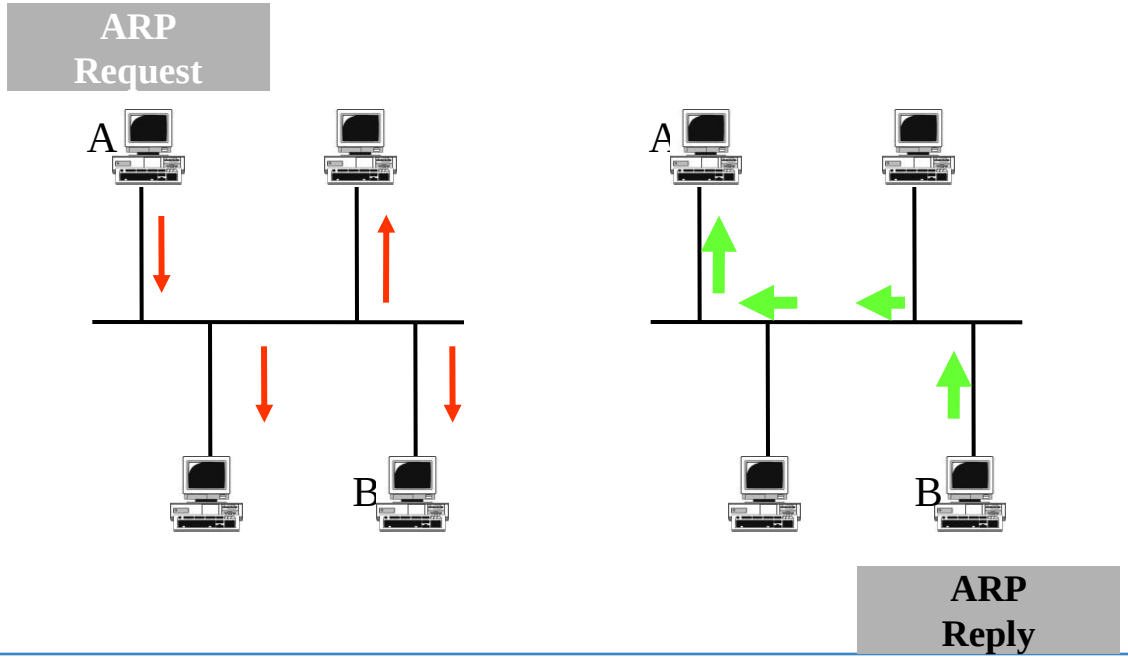
ARP/RARP

- Address Resolution Protocol (ARP) bzw. Reverse Address Resolution Protocol (RARP):

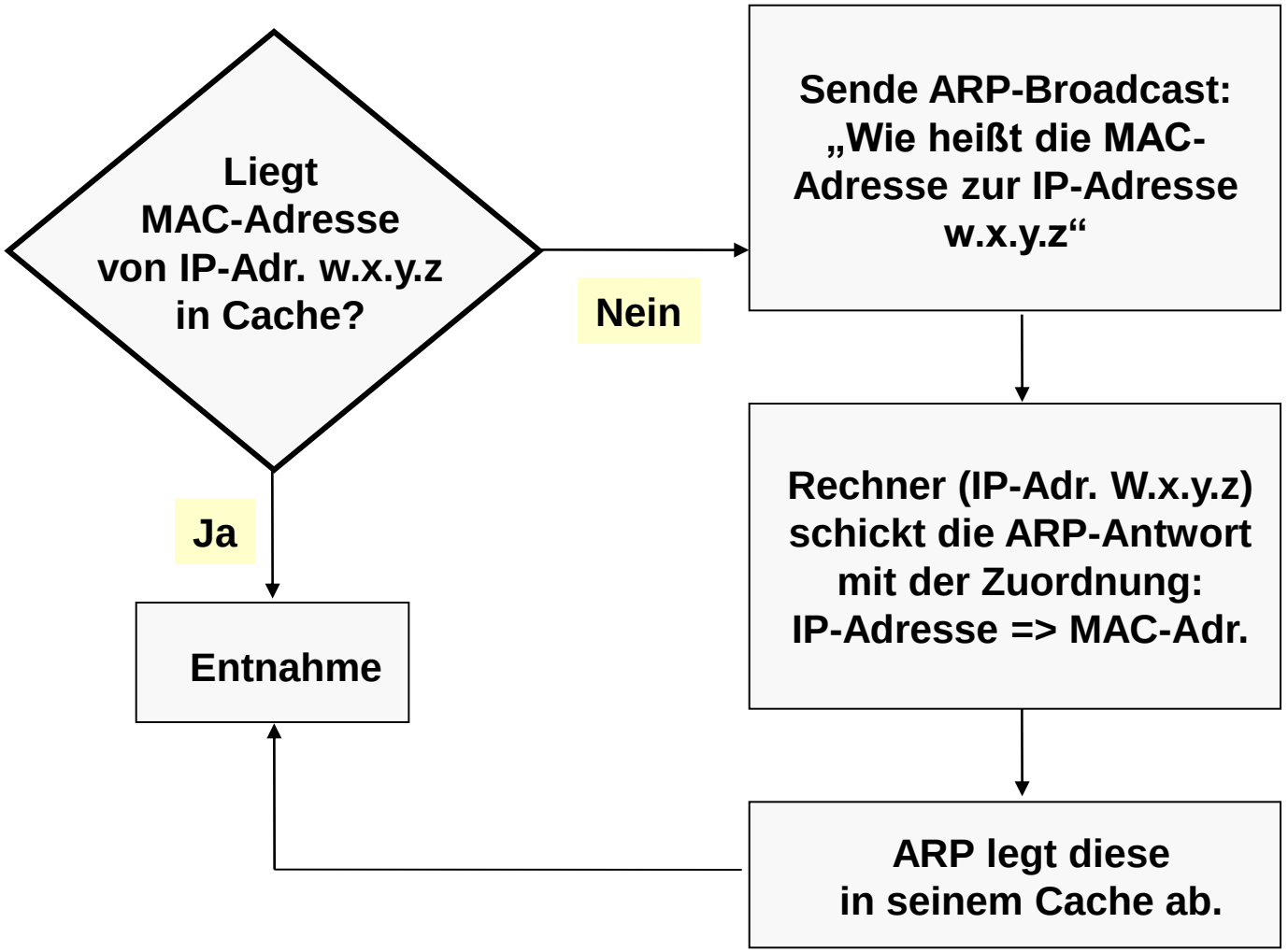
- Verbindung der logischen Netz(IP)adresse mit der von LAN- bzw. WAN-Infrastruktur abhängigen Hardwareadresse (MAC-Adresse)
- Address Resolution Protocol (ARP), RFC 826: Übersetzung der IP-Adresse in die entsprechende Hardwareadresse
  - Wird für die normale Kommunikation benötigt
- Reverse Address Resolution Protocol (RARP), RFC 903: Übersetzung der Hardwareadresse in die zugehörige IP-Adresse
  - Wird i.d.R. nur für spezielle Boot-Prozesse benötigt
- ARP bzw. RARP arbeiten vollständig automatisch (dyn. ARP-Cache)

ARP Request / Reply

- **ARP Request**
  - MAC-Broadcast an alle Endsysteme des LANs
  - Gesuchte Adresszuordnung : IP-Adresse B => MAC-Adresse B
- **ARP-Reply**
  - MAC-Unicast des Endsystems B mit Adresszuordnung



Adressierung mit dem Protokoll ARP



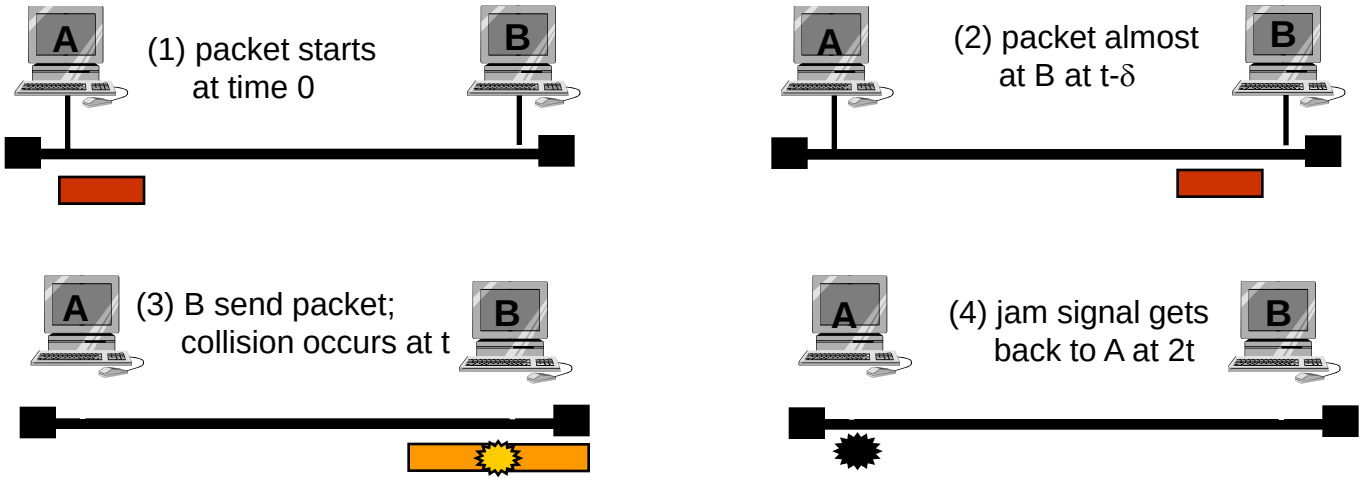
ARP-Spoofing

- **Angriffs-Methode: Man-in-the-Middle-Attack**
- **Vorgehen:**
  - Um den Datenverkehr zwischen A und B abzuhören, sendet der Angreifer an A eine manipulierte ARP-Nachricht.
  - A wird erzählt, dass die IP-Adresse von B zur MAC-Adresse des Angreifers gehört
  - A sendet alle Nachrichten statt an B an den Angreifer, der leitet ggf. dann erst an B weiter
- **In LANs mit Switches klappt das auch**
  - Der Switch wird mit ARP-Nachrichten so überlastet, dass er aufgibt und alles weiter leitet
- **Tools:**
  - Cain & Abel – ARP-Spoofing unter Windows
  - Ettercap – Sniffer für Switched LANs

Minimale Frame-Größe

- Ein Signal braucht 2t um zum Empfänger und zurück zu kommen
  - Solange dauert es, bis ein Sender erfährt, ob ein Frame durch eine Kollision zerstört wurde
  - Hört er vorher auf zu senden, glaubt er alles sei okay gewesen!
- Zeit ≤ 51,2 µs = 512 Bit = 64 Byte (minimale Länge ohne Preambel)
- Mindestens 46 Byte Daten

A und B liegen am äußersten Ende des Kabels



Erfahrungen mit Ethernet

- **Ethernet funktioniert am besten unter leichter Last**
  - **Auslastung über 30% kann als stark angenommen werden**
    - Netzwerkkapazität wird durch Kollisionen verschwendet
- **Die meisten Netzwerke sind auf ca. 200 Hosts beschränkt**
  - **Spezifikation erlaubt bis zu 1024**
- **Die meisten Netzwerke sind kürzer als die Spezifikation erlaubt**
  - **5 to 10 µs RTT**
- **Ethernet ist billig, schnell und einfach zu administrieren**

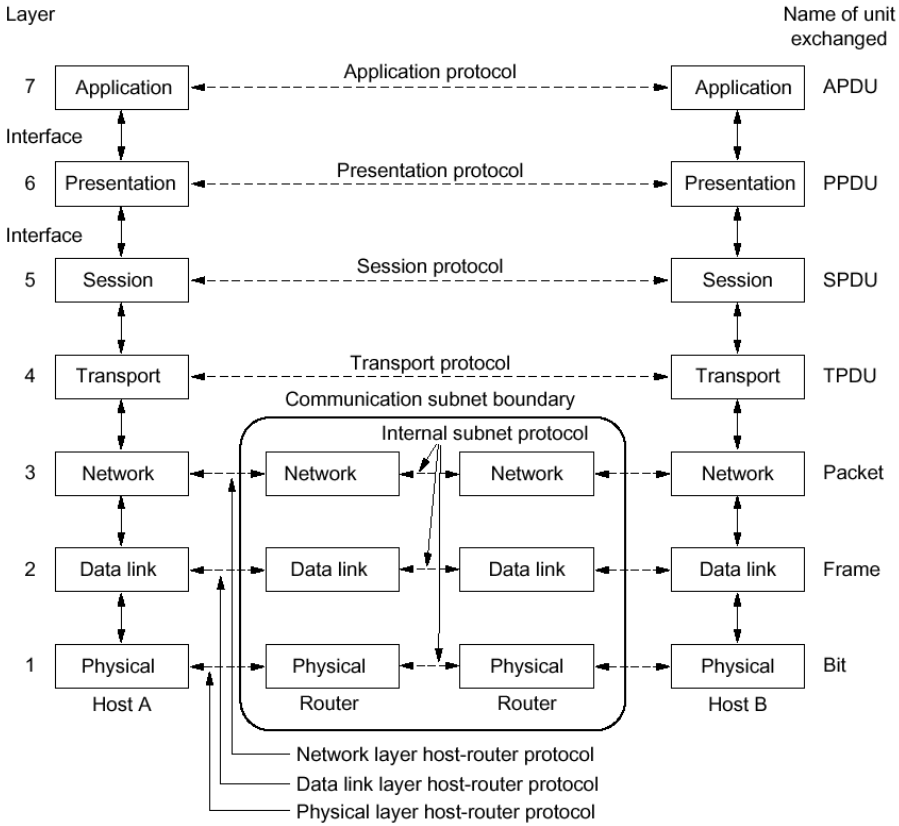
Fast and Gigabit Ethernet

- **Fast Ethernet (100Mbps) nutzt im Vergleich zu 10Mbps Ethernet ähnliche Technologie**
  - **Andere Codierung auf der physikalischen Schicht**
  - **Die meisten Adapter unterstützen wahlweise 10 und 100 Mbps**
- **Gigabit Ethernet (1,000Mbps)**
  - **Kompatibel mit den geringeren Geschwindigkeiten**
  - **Benutzt Standard Frames und CSMA/CD Algorithmus**
  - **Entfernungen sind stark beschränkt**
  - **Typischerweise im Backbone benutzt**

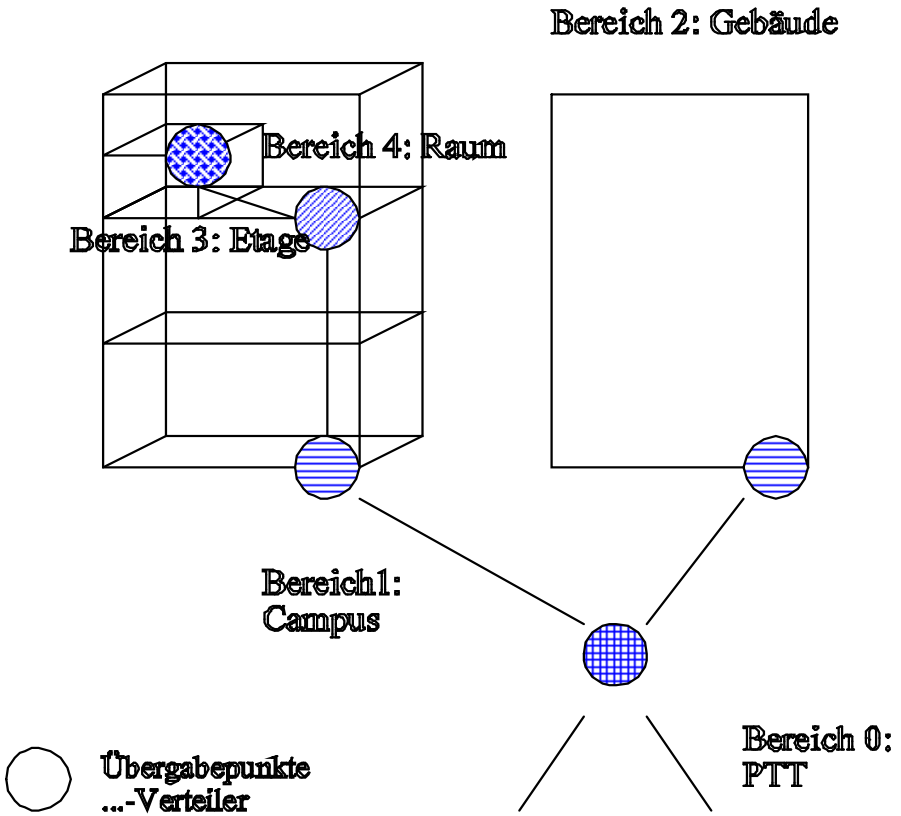
- **Heute üblich: Punkt-zu-Punkt Vollduplex-Verbindungen!**
  - **Keine Kollisionen mehr**
  - **Trotzdem rückwärtskompatibel**
    - CSMA/CD implementiert
    - Mindestlänge 64 Byte

LAN-Strukturelemente
Übersicht

- **Ebene 1**
  - Medien-Verbund (z.B. gemeinsamer Ethernet-Kollisionsbereich)
  - unabhängig von Ebene 2/3 - Info
  - ⇒ Repeater / Hubs
- **Ebene 2**
  - Frame-Verbund
  - unabhängig von Ebene 3 - Info
  - ⇒ Bridges / Switches
- **Ebene 3**
  - (IP-)Paket-Verbund
  - ⇒ Router

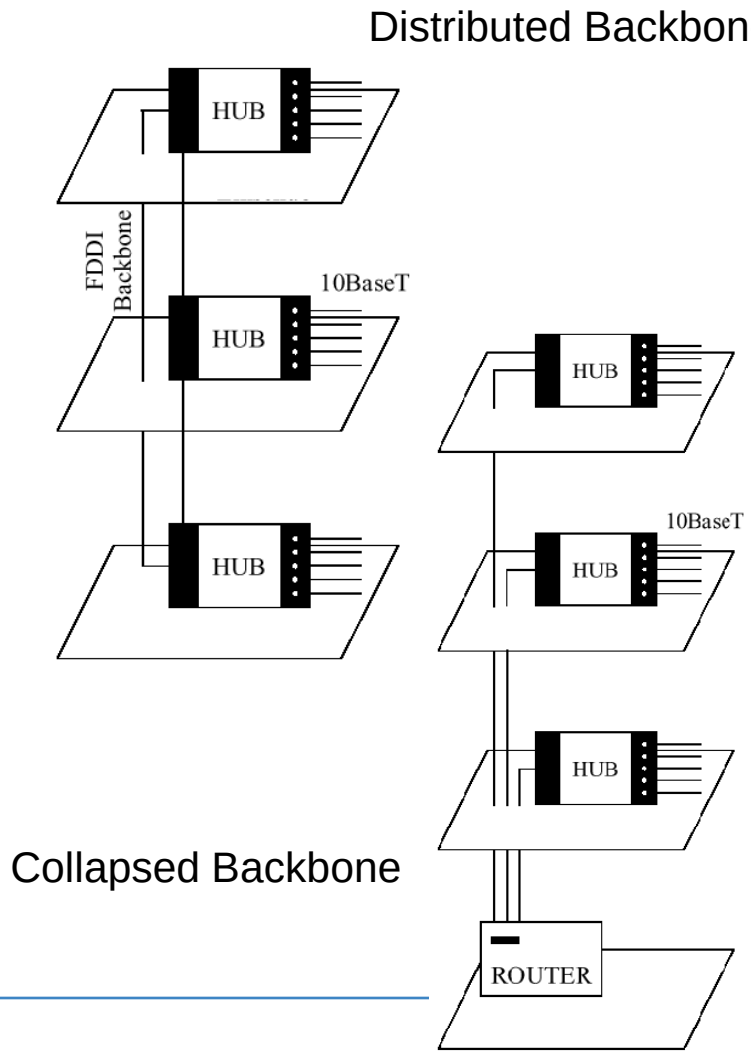


Strukturierte Verkabelung
Bereiche

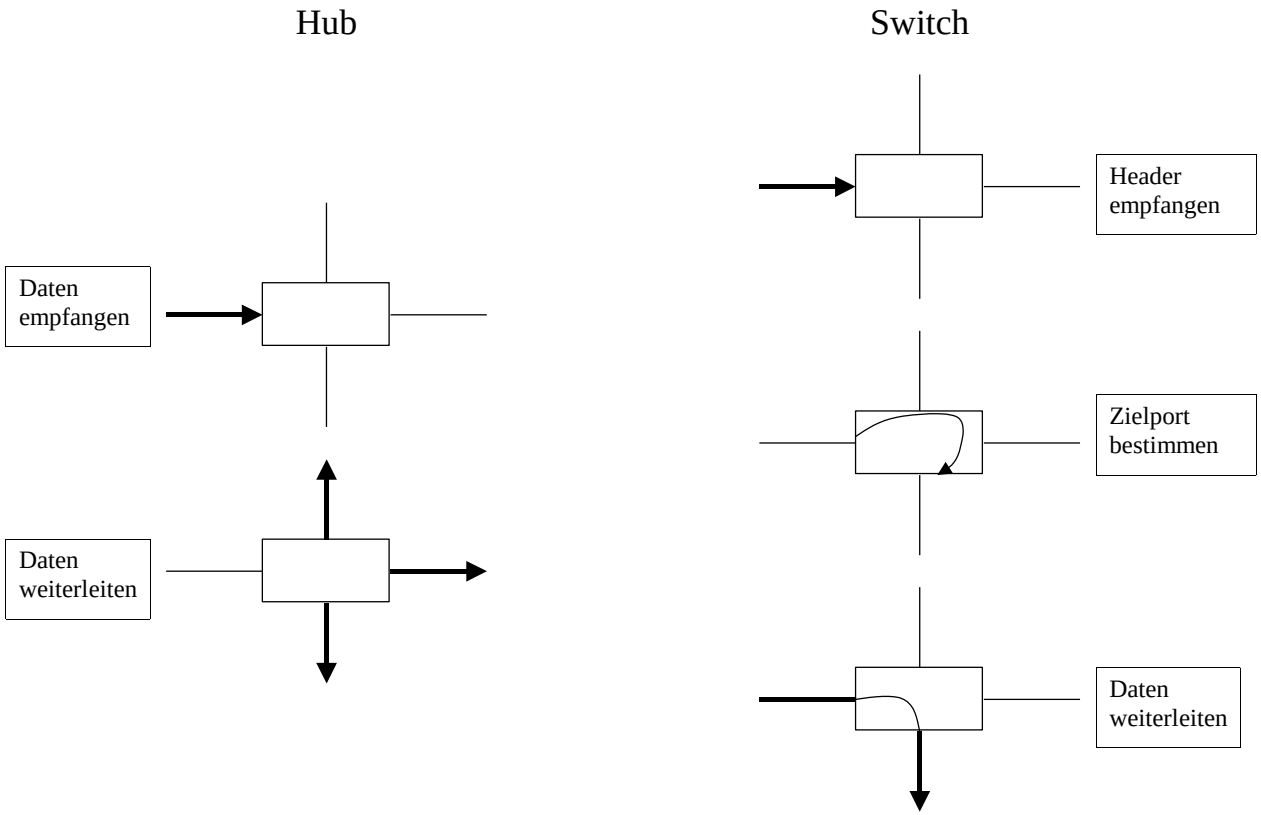


Backbone Concepts

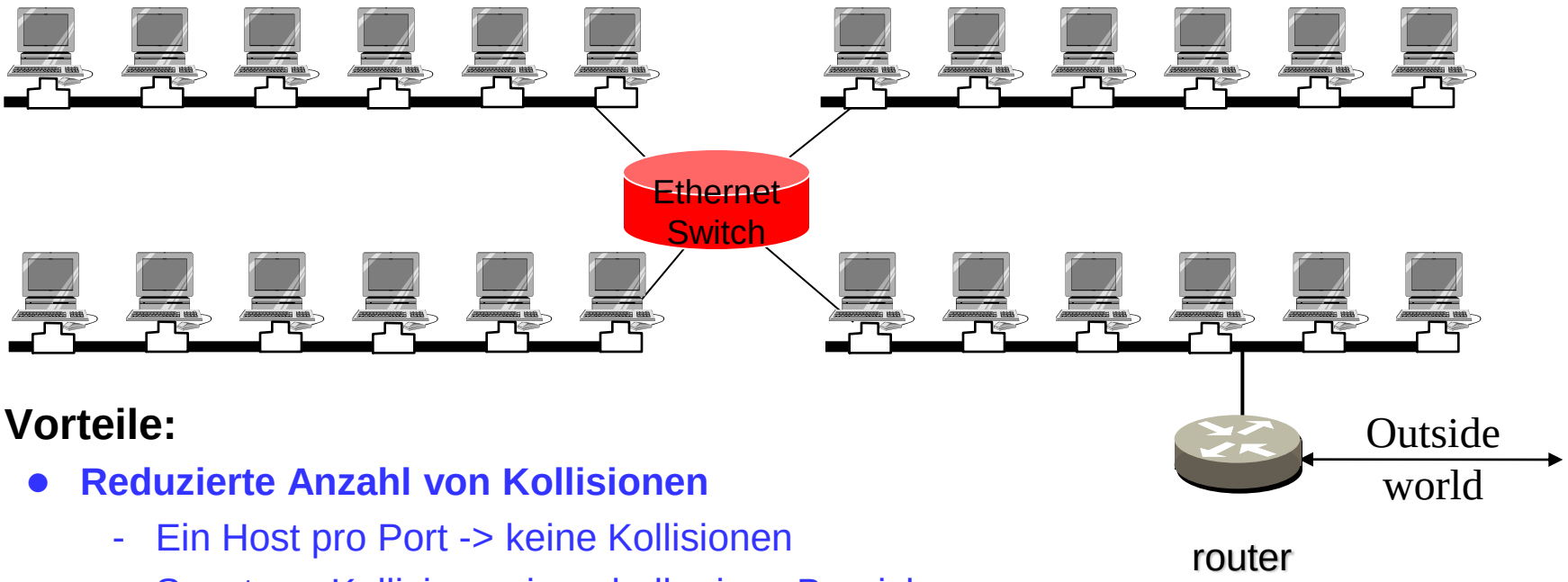
- **Distributed Backbone**
  - Subnets sind verbunden über ein (schnelles) Netzwerk
  - Möglicherweise über Bridges oder Routers
- **Collapsed Backbone**
  - Subnets sind verbunden über einen zentralen Switch/Router



- **Funktionsweise**



Ethernet Switching (1)

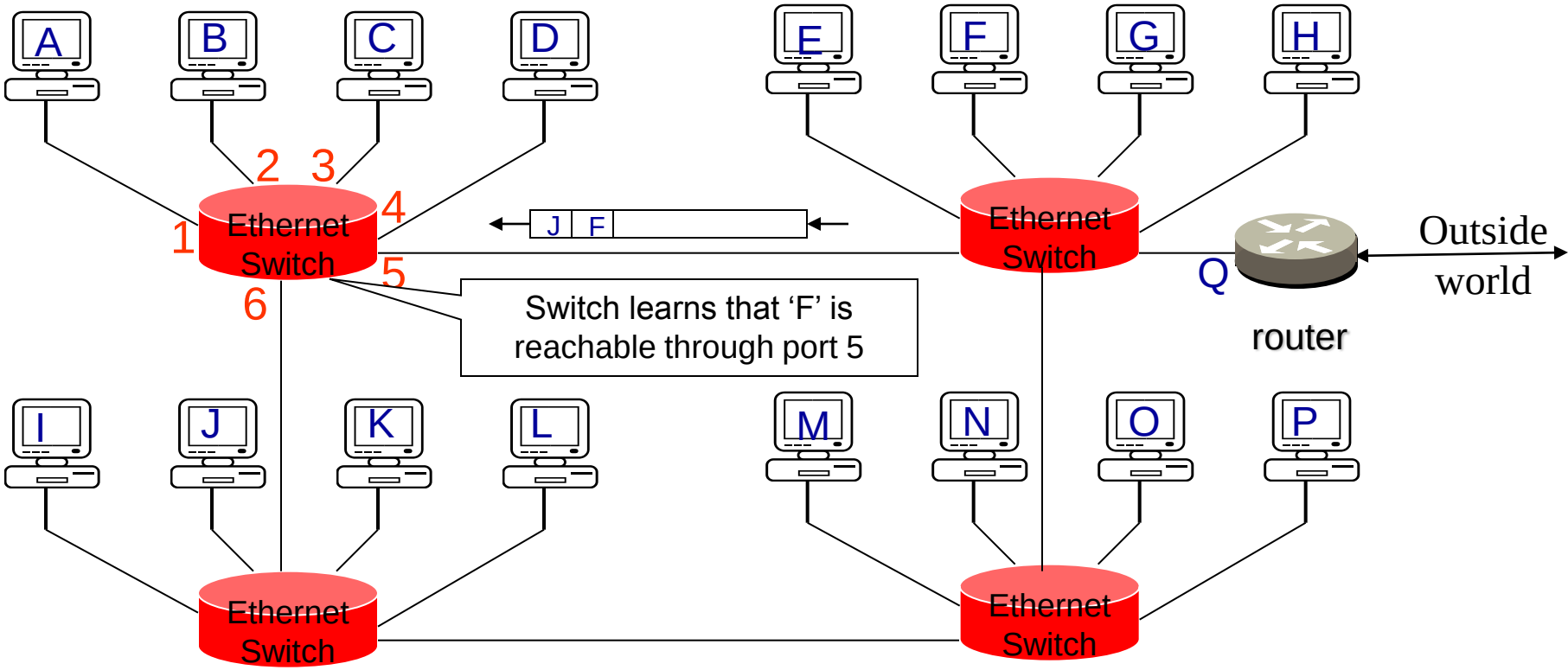


- **Vorteile:**
  - **Reduzierte Anzahl von Kollisionen**
    - Ein Host pro Port -> keine Kollisionen
    - Sonst nur Kollisionen innerhalb eines Bereiches
  - **Erhöhte Kapazität**
    - Switch kann mehrere Frames gleichzeitig weiterleiten

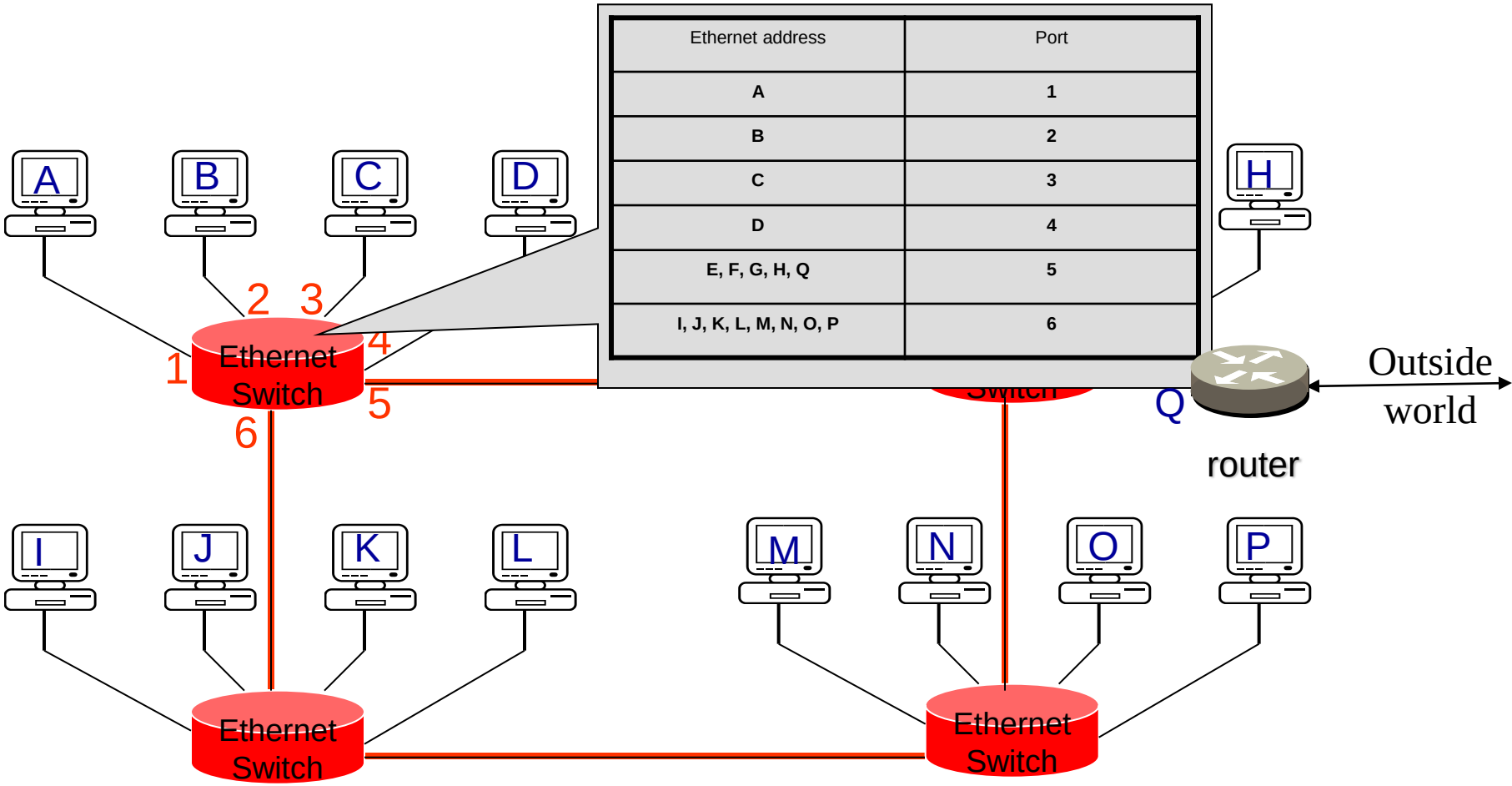
Ethernet Switching (2)

1. Überprüft den Header eines einkommenden Frames
2. Wenn die Zieladdr. in einer internen Tabelle bekannt ist, wird das Frame zu dem entsprechenden Port weitergeleitet
3. Wenn die Zieladdr. in der internen Tabelle nicht bekannt ist, wird das Frame als Braodcast an allen Ports versendet (ausser an dem von dem es gekommen war).
4. Die Inhalte der Tabelle werden aus den Quelladr. der einkommenden Frames gelernt.

Ethernet Switching (3)



Ethernet Switching (4)



Q: How do we prevent loops?

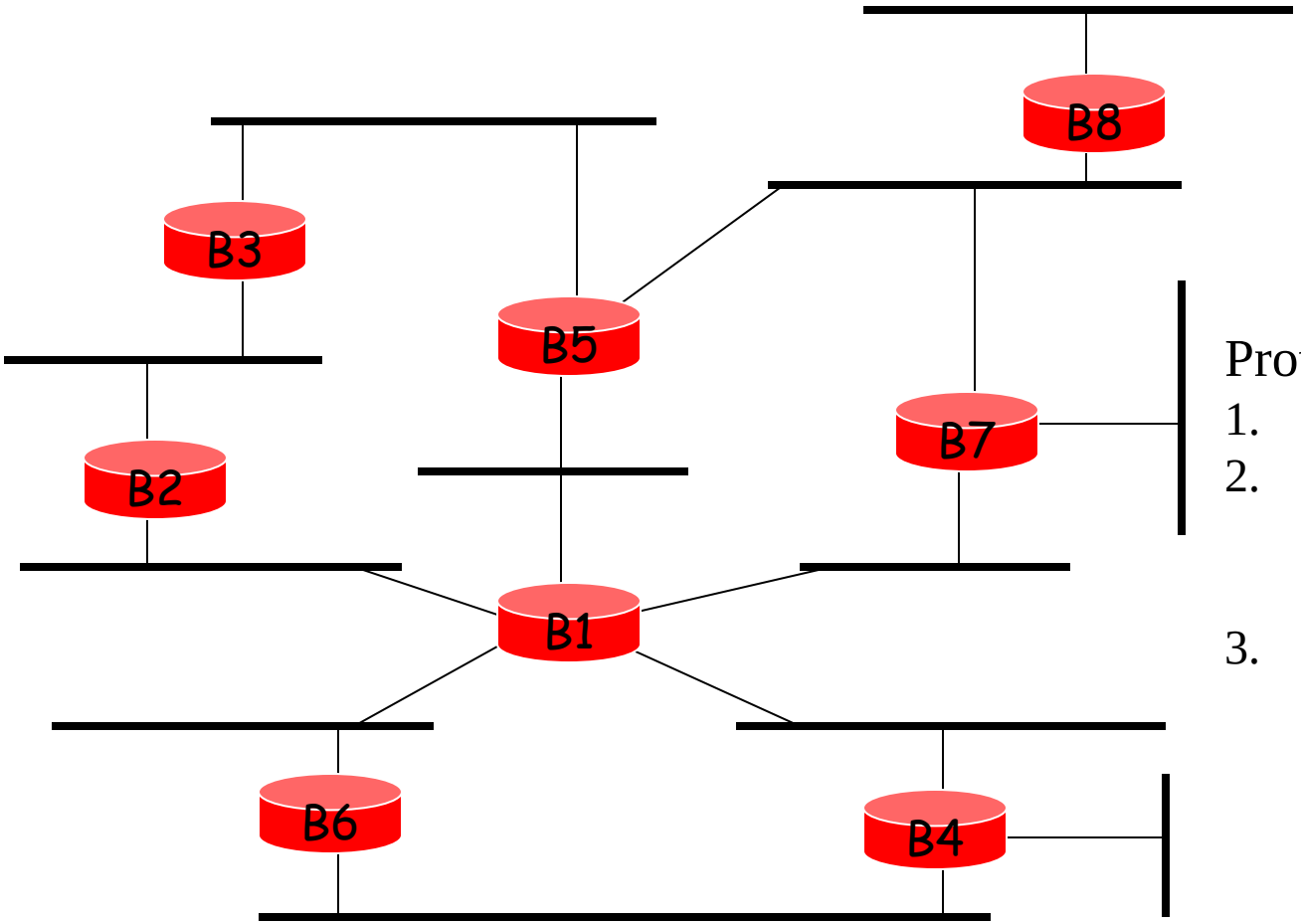
Redundante Wege

- **Bei gekoppelten Netzwerken z.B. über Switches können redundante Wegezwischen zwei Netzen existieren (z.B. zur Fehlertoleranz).**

- **Problem:**
  - **Repliziert empfangene Datenpakete (über verschiedene Wege)**
  - **Endlos kreisende Datenpakete (Schleifen)**

- **Lösung:**
  - **Etablierung einer *logischen Baumstruktur* über allen Brücken der involvierten Netzwerke (⇨ Spanning-Tree-Algorithmus)**
  - **Weiterleiten von Datenpaketen nur entlang der Baumstruktur (eindeutiger Pfad), restliche Brücken blockieren ihre Ports**

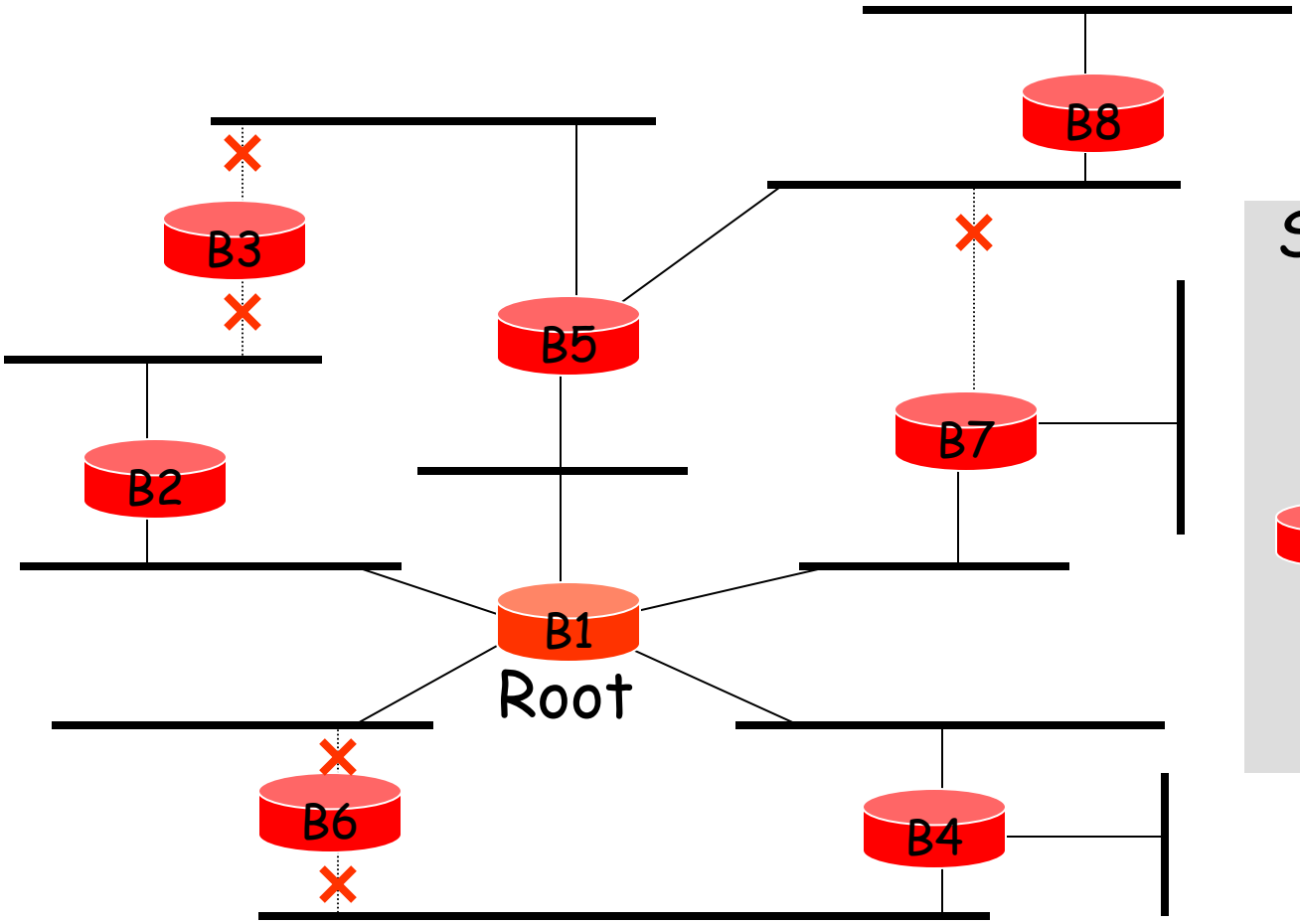
Beispiel: Spanning Tree



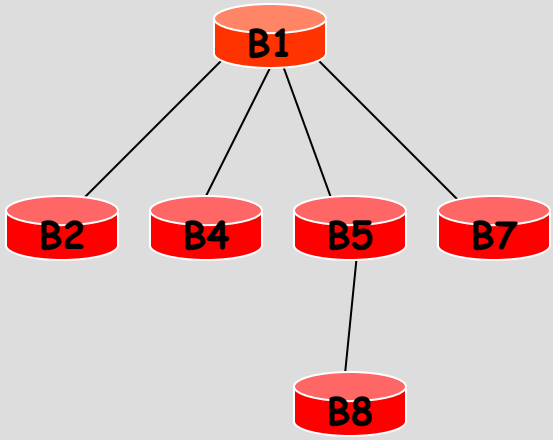
Protocol operation:

1. Picks a root
2. For each LAN, picks a designated bridge that is closest to the root.
3. All bridges on a LAN send packets towards the root via the designated bridge.

Example Spanning Tree



Spanning Tree:



Spanning-Tree-Algorithmus

Voraussetzungen:

- **Gruppenadresse zur Adressierung aller Bridges im Netz**
- **Eindeutige Bridgekennungen**
- **Eindeutige Anschlusskennungen in jeder Brücke**
- **Kosten an allen Anschlüssen einer Brücke („Anschlusskosten)**

♦Ablauf:

1. *Bestimmen der Root-Brücke (Wurzel des Baumes):*

- Zuerst nimmt jede Brücke an, dass sie Root-Brücke ist
- Root-Bridge senden regelmäßig Hello-Pakete mit ihrer Bridgekennung aus
- Bei Erhalt eines Hello-Pakets mit kleinerer Bridgekennung ordnet sich eine Root-Brücke der anderen unter und sendet das Paket als Broadcast

♦ **2. *Bestimmen der Root-Ports***

- Root-Port einer Brücke = Port über den der günstigste Pfad Richtung Root-Brücke (nur Kosten für Ausgangsports berücksichtigen!) verläuft
- Summe über alle Anschlusskosten auf dem Weg zur Root-Brücke ist zu minimieren
- Übertragungsgeschwindigkeit kann als Kostenfunktion dienen

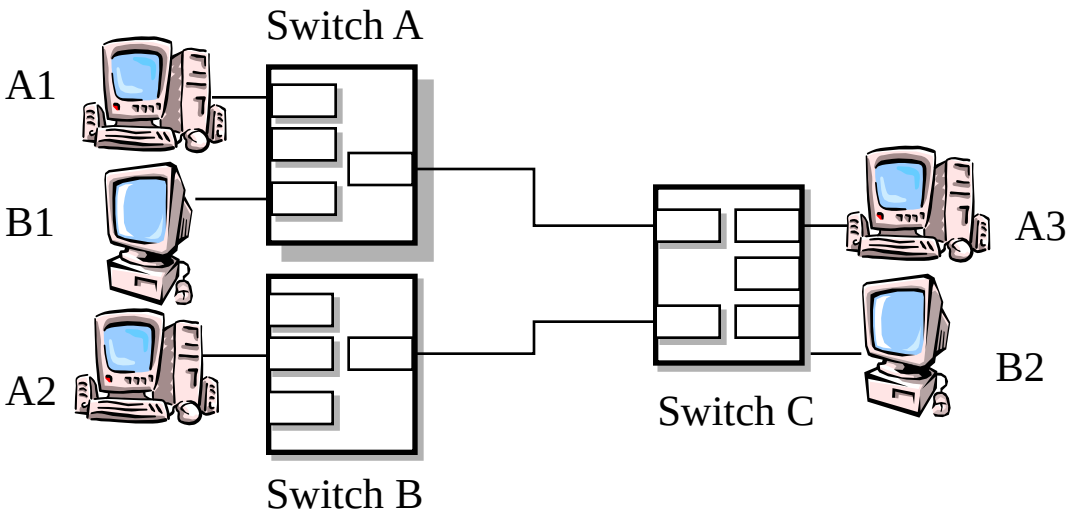
♦ **3. *Bestimmen der Designated-Brücke:***

- Brücke mit günstigstem Root-Anschluss in einem Netzwerk wird als Designated-Brücke bestimmt
- Root-Brücke ist Designated-Brücke für alle an sie angeschlossenen Netze

Virtuelle LANs (1)

- **VLAN**
  - Eine nach bestimmten Kriterien definierbare Broadcast-Domän
- Ziel: **Trennung von physikalischer und logischer Netzwerkstruktur**
  - Datenpakete werden ausschließlich innerhalb des jeweiligen VLANs verteilt
  - Mitglieder eines VLANs können räumlich verteilt sein, z.B. an verschiedenen LAN-Switches

    ⇨ Unabhängigkeit von Standort und VLAN-Zugehörigkeit



VLAN 1= A1, A2, A3
VLAN 2= B1, B2

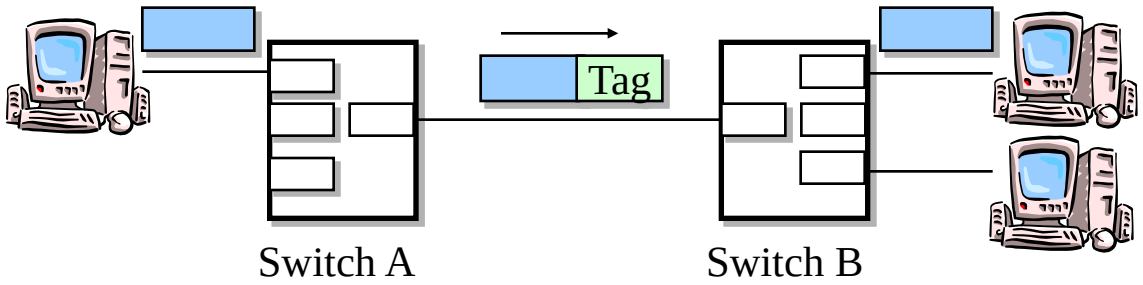
Virtuelle LANs (2)

♦ Vorteile

- **Einschränkung von Broadcasts/Multicasts ⇨ bessere Ausnutzung der Bandbreite**
- **Effizientere Verwaltung durch vereinfachte Konfiguration**
  - z.B. bei Änderungen der Netztopologie durch Umzug
- **Erhöhte Sicherheit**
  - Authentifikation vor dem Beitritt einer Station zu einem VLAN
  - Strikte Trennung des Datenverkehrs verschiedener LANs

♦ Realisierung

- **Analyse des eingehenden Pakets auf VLAN-Zugehörigkeit (interne Tabelle)**
- **Erster Switch fügt ein „Tag“ an das Paket an (Feststehende Kennung für jedes VLAN)**
  - IEEE 802.1q
- **Weiterleitung des Datenpakets an den nächsten Switch**
- **Letzter Switch entfernt das Tag und übergibt das Paket an das Endsystem**



Virtuelle LANs (3)

♦ Schicht-2-VLANs

- Realisierung durch LAN-Switches
- VLAN wird durch mehrere Ports festgelegt *(port based VLAN)*
- VLAN wird durch eine Liste von MAC-Adressen definiert *(MAC-based VLAN)*
  - einfacher Umzug einzelner Stationen möglich

⇨ Router zur Kommunikation zwischen VLANs notwendig

♦ Schicht-3-VLANs

- Realisierung durch Layer-3-Switches
- VLAN wird durch Subnetz-Adresse festgelegt *(subnet-based VLAN)*
- VLAN wird durch Netzwerkprotokoll festgelegt *(protocol-based VLAN)*

⇨ Kein Router zur Kommunikation zwischen VLANs notwendig

♦ Regelbasierte VLANs

- Beliebige Verknüpfung von Feldern der Schicht 2/3 zur Definition eines VLANs

Layer 2 - Geräte

- **Managed Switches**
  unterstützen:
  - **VLANs**
  - **STP**
  - **Port Security**
    - IEEE 102.1x („Login am Port“)
  - **Port Mirroring**
    - Zum Monitoring

- **Unmanaged Switches**
  Typ. Desktop Switches
  - **nur Frame-Weiterleitung**

Power over Ethernet (PoE)

- Nach Standard IEEE 802.3af
  - Sinn: nur ein Kabel zum Geräte
  - Typisch für WLAN-APs
- Hardware
  - TP-Kabel nach CAT-5
  - RJ45-Stecker
- Leistung
  - Abgegebene Spannung zwischen 44 V und 54 V (in der Regel 48 V)
  - Leistung von 15,4 W (eingeteilt in 4 Klassen)
  - Kabellänge bis zu 100 m
- Varianten der Energieversorgung
  - Endspan (direkte Versorgung durch Switch)
  - Midspan (Versorgung über zwischengeschaltete Quellen)
    - -sog. „Power Injector“