

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- **Netzwerk-Technologien**
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

Kapitel 3

Netzwerk-Technologien

3. NW-Technologien–

3.1 Einleitung

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- **Netzwerk-Technologien**
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

➤ Dieses Kapitel



- beschreibt wie mehrere Rechner miteinander kommunizieren können
- behandelt grundlegende Konzepte von NW
- beschreibt elementare NW Topologien
- diskutiert Beispiele populärer NW Techniken

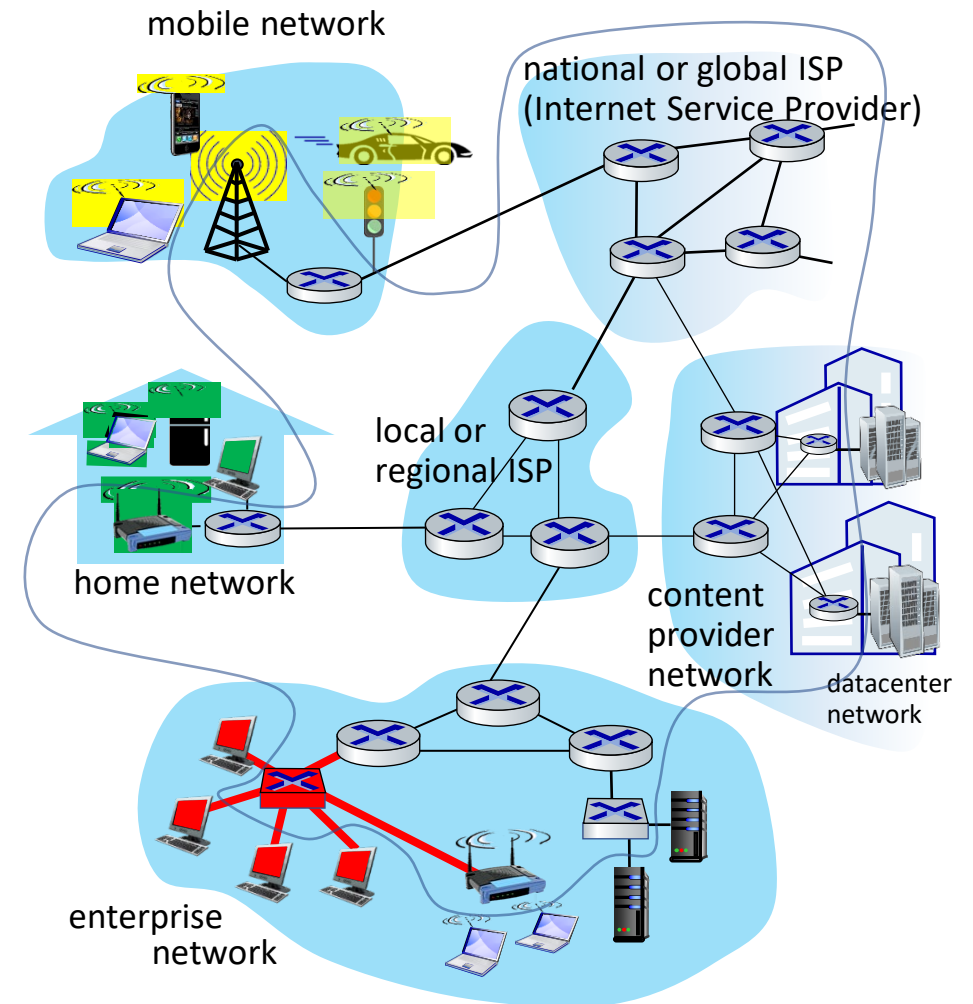
3. NW-Technologien–

3.1 Einleitung

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Beispiele von physikalischen Netzwerken im „Big Picture“
 - Rot: geschwitchtes Ethernet-Netzwerk
 - Grün: WLAN (Wireless LAN)
 - Gelb: UMTS/LTE/4G
- Achtung: Begriff „Netzwerk“ wird je nach Kontext unterschiedlich verwendet:
 - Physikalisches Netzwerk (dieses Kapitel)
 - Netzwerk einer Organisation
 - Kann aus mehreren physikalischen Netzwerken bestehen
 - Die „blauen Wolken“ im Bild rechts
 - Internet: „Netz der Netze“
- Physikalische Netzwerke
 - Enden an Router  
 - Werden durch Router verbunden
 - Router werden später (Kapitel 4-6) behandelt



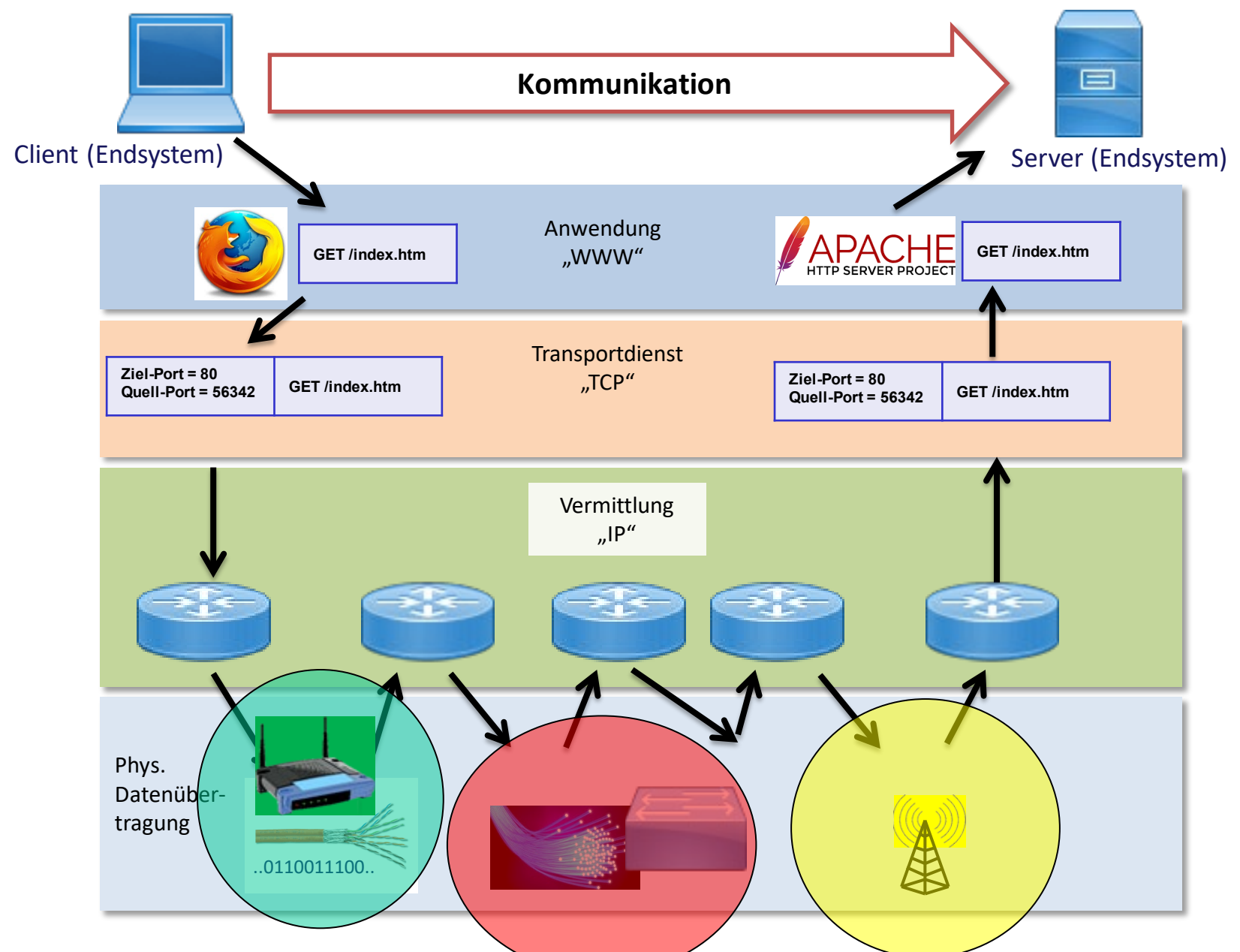
Internet: Netzwerk von Netzwerken

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

Position physikalischer Netze im Schichtenmodell

- Grüner Kreis
- Roter Kreis
- Gelber Kreis



Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- **Netzwerk-Technologien**
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

Entfernung zwischen Prozessoren	Alle Prozessoren sind im gleichen Bereich	Beispiel
0,1 m	Platine	Datenflußmaschine
1 m	System	Multicomputer
10 m	Raum	} Lokales Netz (LAN)
100 m	Gebäude	
1 km	Gelände	
10 km	Stadt	Stadtnetz (MAN)
100 km	Land	} Fernnetz (WAN)
1.000 km	Kontinent	
10.000 km	Planet	Netzverbund (z.B. das Internet)

Abb. 1.2: Klassifizierung verbundener Prozessoren nach Reichweite

LAN: Local Area Network
WAN: Wide Area Network

3.3 Aufgaben des Netzwerkes

Inhalt

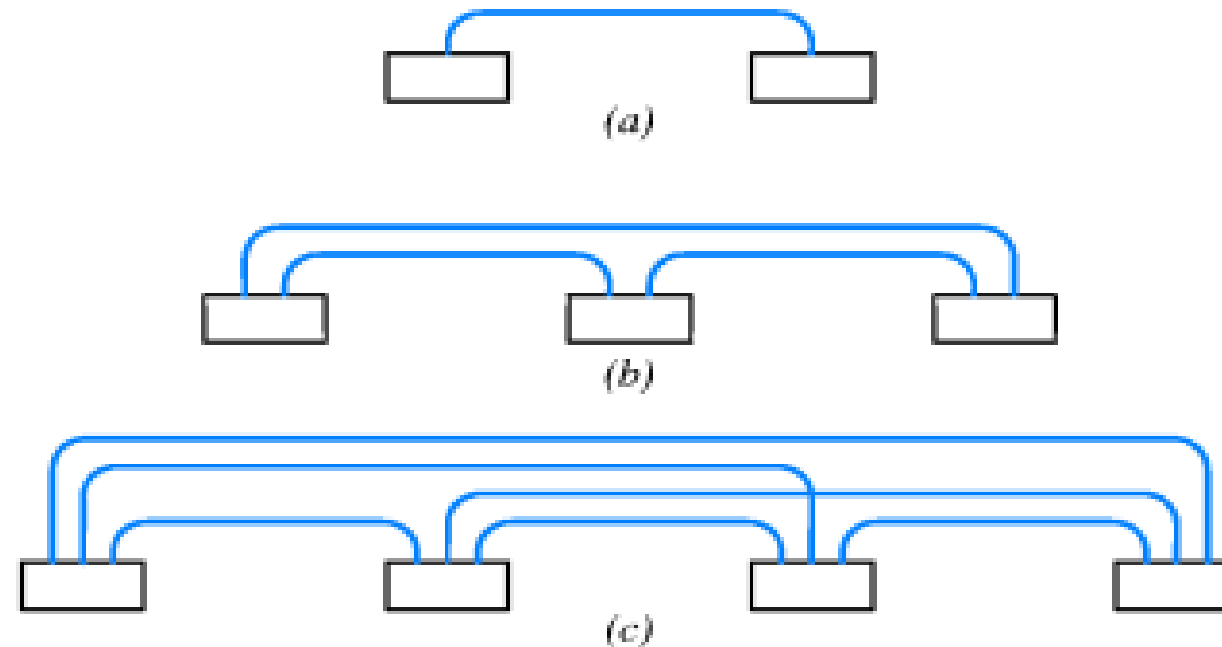
- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- **Netzwerk-Technologien**
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

➤ Welche Probleme sind zu lösen?

- Viele Teilnehmer (Stationen):
Woher weiß eine Station, welche Nachricht für sie bestimmt ist?
➔ **Adressierung**
- Geteilte Ressourcen (z.B. das Medium):
Wie erfolgt die Zugriffskontrolle auf diese gemeinsamen Ressourcen, so dass es keine Kollisionen gibt?
➔ **Zugriffsverfahren**
- Wie kann man Netzwerke aufbauen? Welche Folgen ergeben sich für Kosten, Effizienz und möglicher Gesamtdatenrate?
➔ **Topologie des Netzes, geschickte Wahl geteilter Ressourcen**

3.4 Direkte Punkt zu Punkt Kommunikation

- Jede Verbindung steht exklusiv zwei Computern zur Verfügung
 - Point-To-Point (PTP) NW bzw. Maschennetz



Picture taken from Comer

Figure 8.1 The independent point-to-point connections required for (a) two, (b) three, and (c) four computers. The number of connections grows rapidly as the number of computers increases.

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

3.4 Direkte PTP Netze

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

➤ Schema hat Vorteile

- Hardware wahlfrei, da jede Verbindung unabhängig
- die angeschlossenen Computer können individuell festlegen, wie Daten über die Verbindung gesendet werden
- einfacher, Sicherheitsmechanismen zu implementieren

➤ ... aber auch Nachteile

- wenn mehr als zwei Rechner miteinander kommunizieren müssen?
- die Anzahl der Verbindungen nimmt schnell mit der Anzahl N der Rechner zu

$$\text{Benötigte Verbindungen} = (N^2 - N) / 2$$

3.4 Direkte PTP Netze

- Inhalt**
- Grundlagen
 - Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
 - **Netzwerk-Technologien**
 - Routing
 - IP-Adressen
 - IP
 - UDP
 - TCP
 - DNS
 - DHCP
 - WWW
 - Socket Programmierung

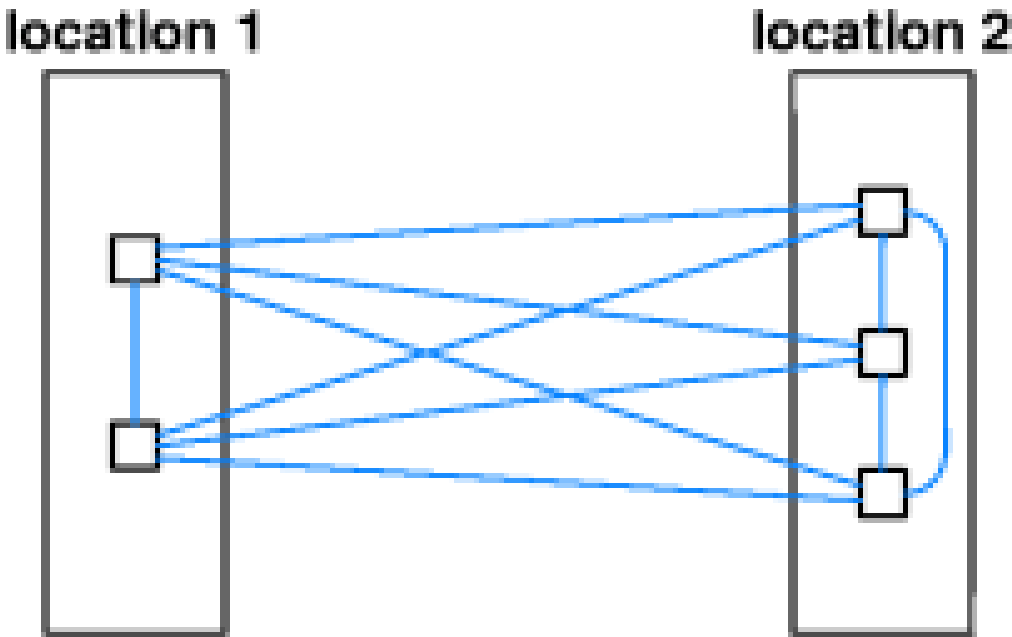


Figure 8.2 The disadvantage of a point-to-point network that requires a dedicated connection for each pair of computers: the total number of connections passing between two locations can exceed the total number of computers being connected.

3.5 Gemeinsame Kommunikationskanäle

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

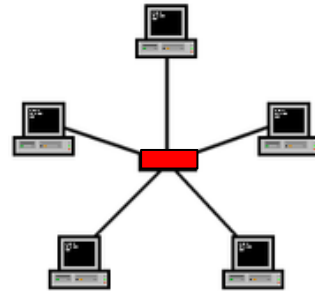
- Um Kosten zu sparen benutzt man zur Kommunikation mehrerer Rechner gemeinsame Ressourcen (Switch, Kabel etc.)
- Angeschlossene Rechner wechseln sich bei der Benutzung ab
- Es gibt verschiedene Lösungen

3.6 Grundlegende Topologien

Inhalt

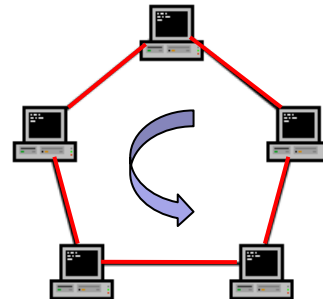
- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

• Stern- topologie



Jedes Endgerät ist mit dem **Verteiler (Hub)** verbunden, die Endgeräte untereinander sind nicht direkt verbunden

• Ring- topologie



Jedes Endgerät ist mit genau zwei anderen verbunden. Die Kommunikation hat eine Richtung.

• Bus- topologie



Alle Endgeräte sind an ein **gemeinsames Kabel (Medium)** angeschlossen

rot: geteilte Ressource

3.6 Grundlegende Topologien

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

➤ Jede Topologie hat Vor- und Nachteile

➤ Ring:

- Computer können leicht ihren Zugriff koordinieren
- große räumliche Ausdehnung möglich
- Netzwerk stürzt ab, wenn einer ein Kabel zieht

➤ Stern (engl. Star)

- Störfest: Fehlerhafte Verbindung betrifft nur einzelnen Rechner
- Hub ist aber „single point of failure“

➤ Bus

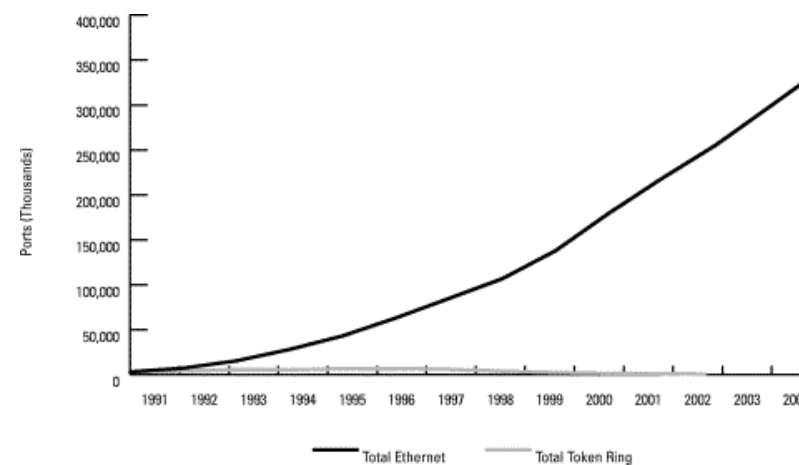
- benötigt weniger Kabel als Stern/Ring
- Netzwerk stürzt ab, wenn gemeinsames Kabel beschädigt wird
- Zugriffskoordination verhindert größere räumliche Ausdehnung

3.7 Fallstudie eines Bus NW: Half duplex Ethernet

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- mittlerweile veraltete LAN Technologie
- sehr populär bis Ende der 90er
- ...aber noch stark in den Köpfen wenn von Ethernet die Rede ist
- Randbemerkung:
 - Ethernet ist nach wie vor >>die<< LAN-Technologie, aber in der full duplex Variante
 - wird auch im WAN-Bereich immer wichtiger (100Gbit Ethernet)

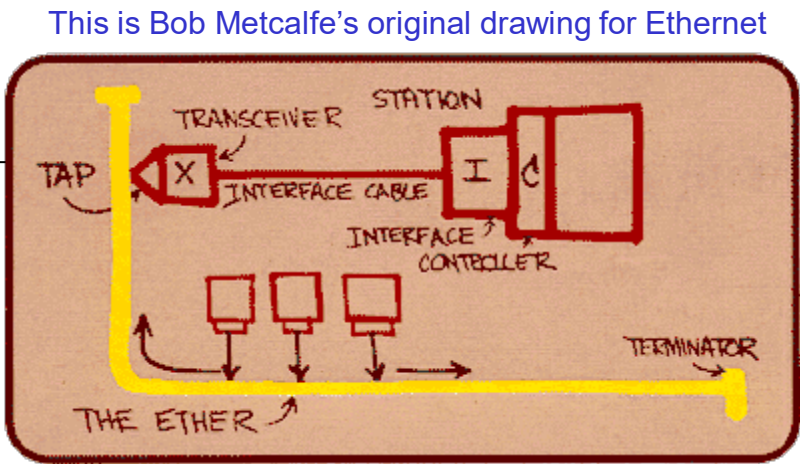


Source: Dell'Oro Group, January 31, 2000.

3.7.1 Geschichte Ethernet

- Inhalt**
- Grundlagen
 - Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
 - **Netzwerk-Technologien**
 - Routing
 - IP-Adressen
 - IP
 - UDP
 - TCP
 - DNS
 - DHCP
 - WWW
 - Socket Programmierung

1973	Invented by Metcalfe at Xerox
1977	Patented
1983	IEEE 802.3 Standard
1984	ISO Standard
1995	Fast Ethernet (100Mbps); begins to hit the market
1998	Gigabit Ethernet over fiber
1999	Gigabit Ethernet over copper
2002	10Gigabit Ethernet
2010	100Gigabit Ethernet
2013	Start of 400Gigabit Ethernet



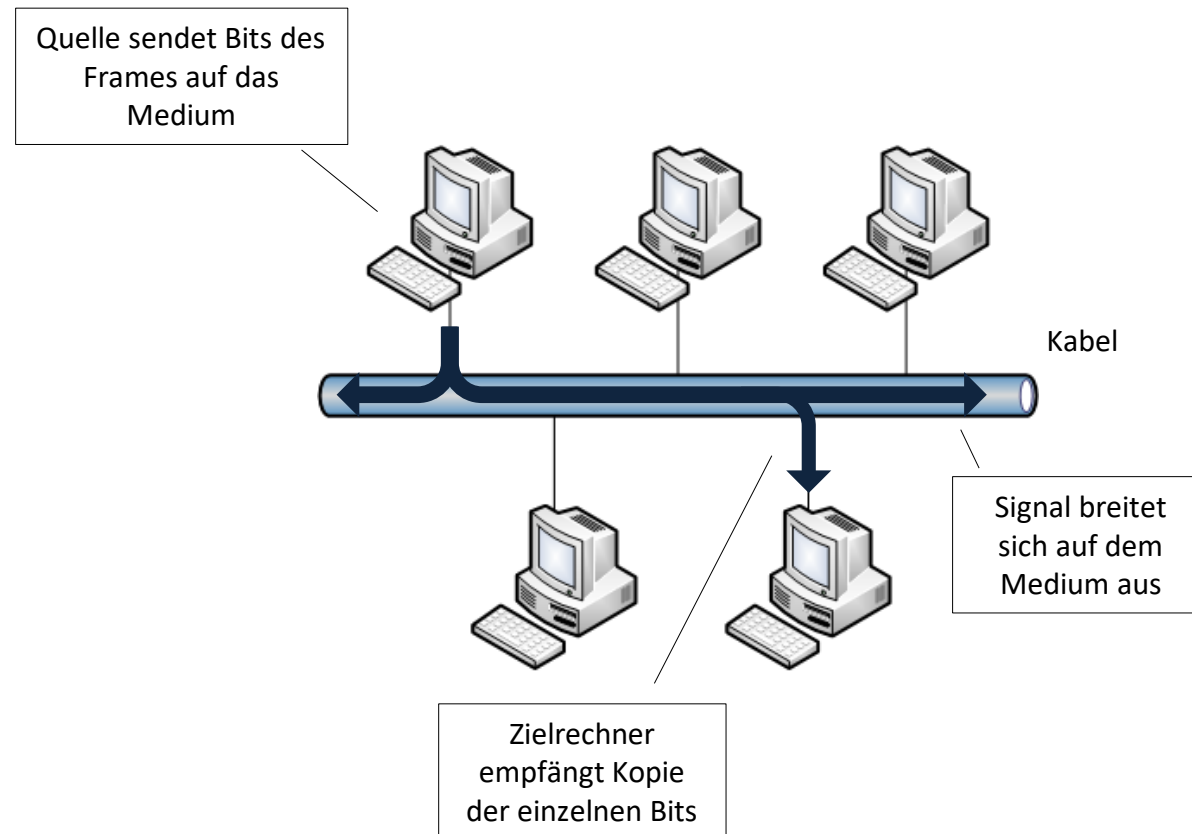
- Warum der Name „Ethernet“?
→ Äther (engl. Ether)

3.7.2 Half duplex Ethernet: Prinzip

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Bus Topologie
- Während einer sendet, müssen alle anderen „ruhig“ sein (daher „Half-Duplex“)



3.7.3 Das eigentliche Problem

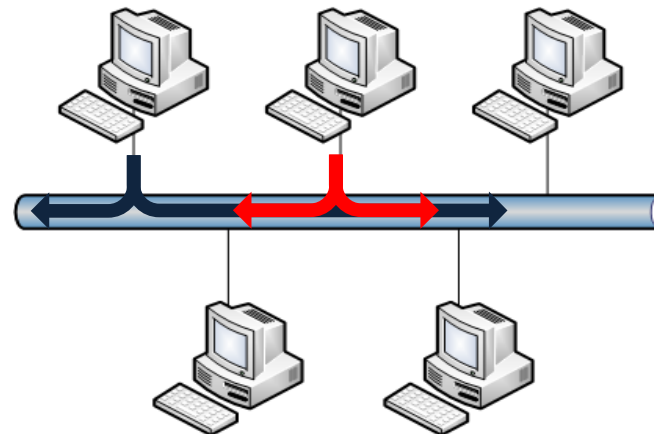
Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Medium: Gemeinsam, d.h. jeder hört, was der Andre sagt.
- Wenn zwei gleichzeitig senden, zerstören sich die Signale gegenseitig („Kollision“)
- Frage: Wer darf wann senden?



Menschen auf
einer Cocktail
Party
(Akustisch über
gemeinsame Luft)



Half-duplex Ethernet:
Gemeinsames Kabel

- Design Prinzip:
 - Fair
 - Gleichberechtigt
 - Effizient

3.7.4 Lösung: CSMA/CD

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

CS - Carrier Sense (Is someone already talking?)

MA - Multiple Access (I hear what you hear!)

CD - Collision Detection (Hey, we're both talking!)

1. If the medium is idle, transmit anytime.
2. If the medium is busy, wait and transmit right after.
3. If a collision occurs, send 4 bytes Jam, back off for a random period, then go back to 1.

We use CSMA/CD in normal (polite) group conversation!

Bemerkung:

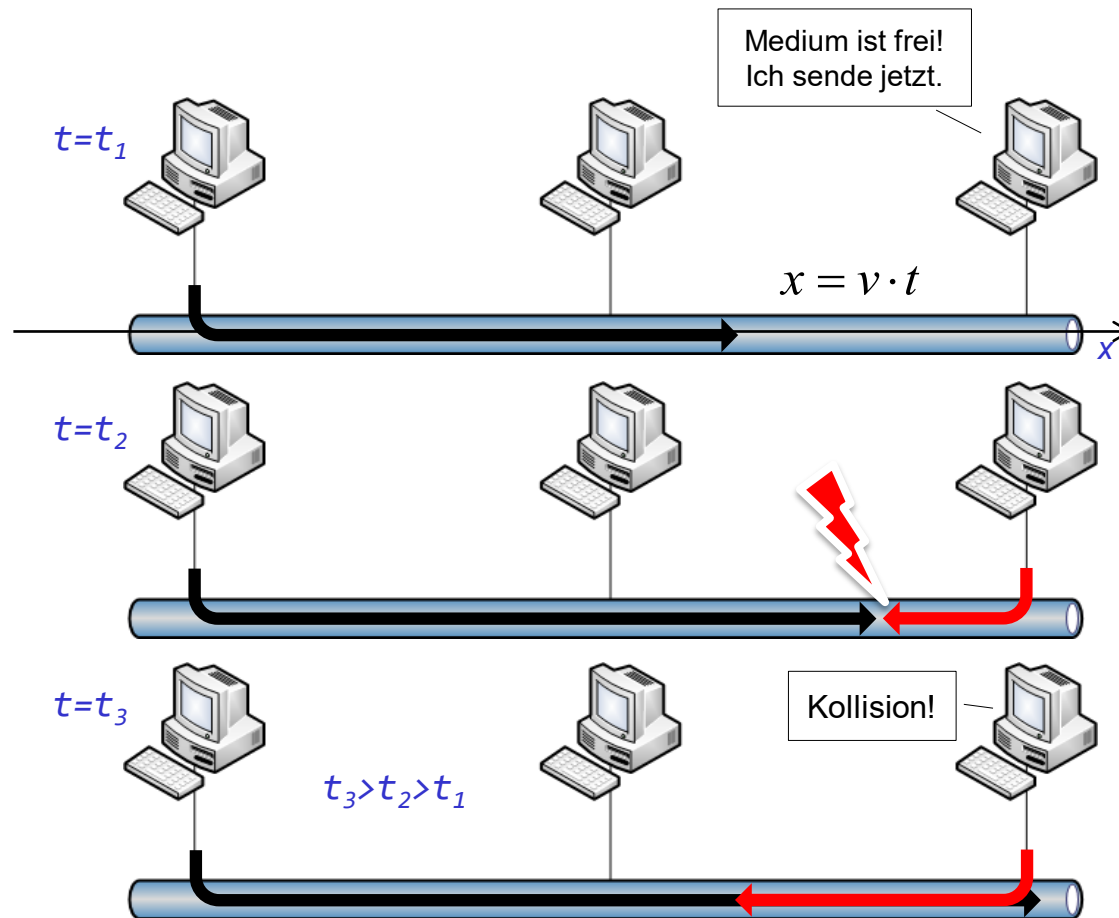
- CSMA/CD ist ein Beispiel für ein “**Multiple Access Protocol**”.
- Andere sind z.B. CSMA/CA (WLAN) oder ALOHA

3.7.4 Lösung: CSMA/CD

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

Warum gibt es Kollisionen, obwohl der Sender vorher prüft, ob bereits eine Übertragung läuft?
→ Signallaufzeit



Beispielrechnung:

Ethernet, **1000 m** Kabel

Wie lange braucht das Signal vom
einen Ende des Kabels zum anderen?

Ausbreitungsgeschwindigkeit im
Koaxialkabel:

$$v \approx 0,67c$$

Damit ergibt sich:

$$t = \frac{x}{v} = \frac{2000m}{0,67c}$$

$$= \frac{2000m}{2,01 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 10\mu s$$

...in Bits ($R = 10\text{MBit/s}$)

$$\# \text{Bits} = R \cdot t = 10\text{MBit/s} \cdot 10\mu s = 100\text{Bit}$$

3.7.5 Adressierung

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Jeder hört was der Andere sagt...

→ Adressierung notwendig

- **Stations-Adressen:**

- 6 Byte, z.B. 01:02:03:04:05:06
- muss in jedem LAN einmalig sein
- außer falls manuell zugewiesen
 - durch Hersteller der Netzwerkkarte zugewiesen
 - erste 3 Bytes durch IEEE zugewiesen (Organization Unique Identifier -OUI)

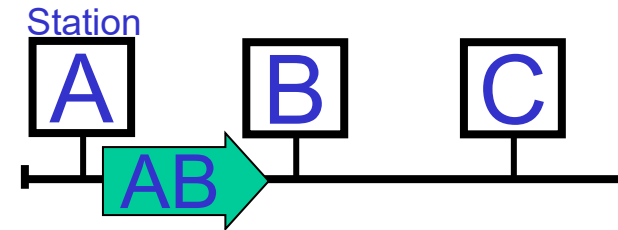
- Jedes Paket beinhaltet Absender- und Empfänger-Adresse

- **Absender-Adresse:**

- muss immer eine Stations-Adresse sein

- **Empfänger-Adresse:** Entweder

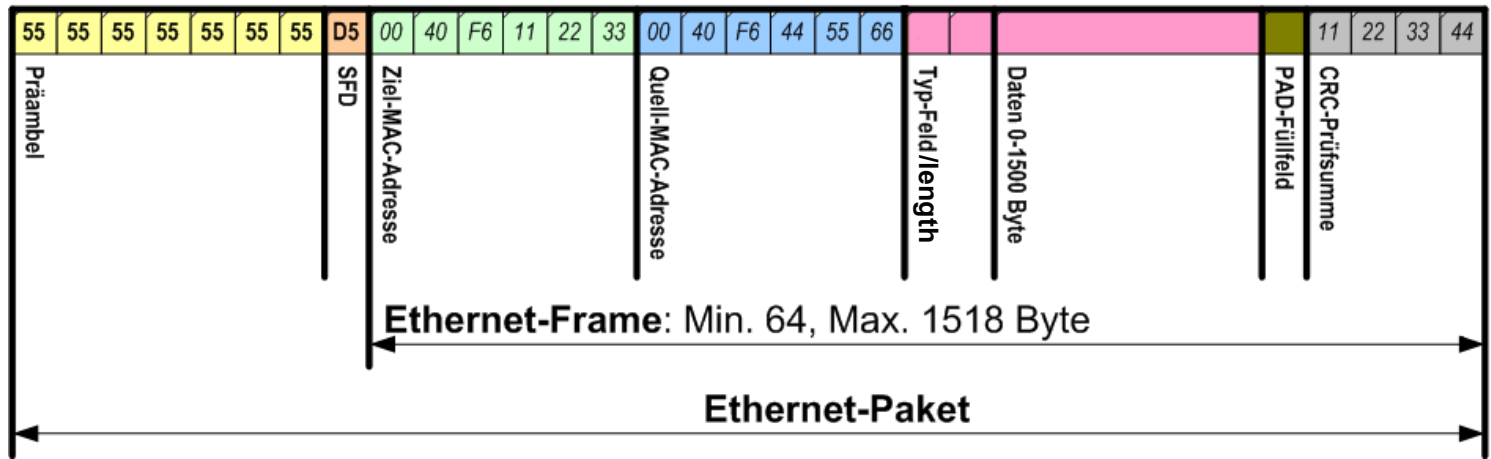
- Unicast Adresse: Adressiert an Stationsadresse eines Empfängers
- Multicast Adresse: Nachricht ist für eine Gruppe von Stationen
- Broadcast Adresse (=FF:FF:FF:FF:FF:FF): Nachricht ist für Alle



3.7.6 Ethernet Frame

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung



- **Präambel:** wiederholendes 010101-Muster zur Taktsynchronisierung des Empfängers auf den Sender
- **Start of Frame Delimiter (10101011b):** Startzeichen, dass der eigentliche Frame beginnt
- **Length bzw. Typ-Feld:** Länge des Paketes oder, falls >1536 (0x0600), der Frame Type
- **PAD:** Füllzeichen damit Frame mind. 64 Bytes lang ist
- **CRC-Prüfsumme:** fehlerhafte Frames werden verworfen

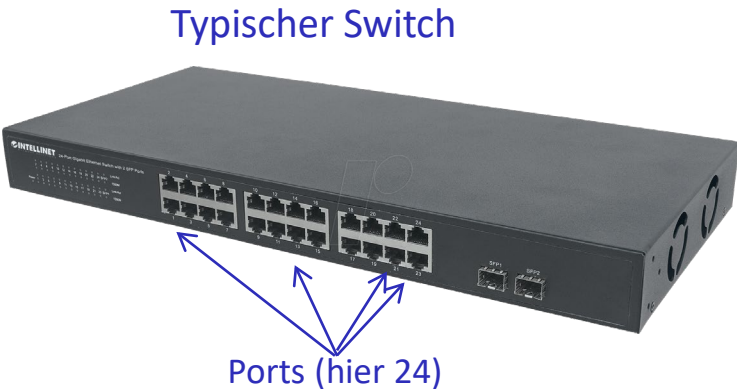
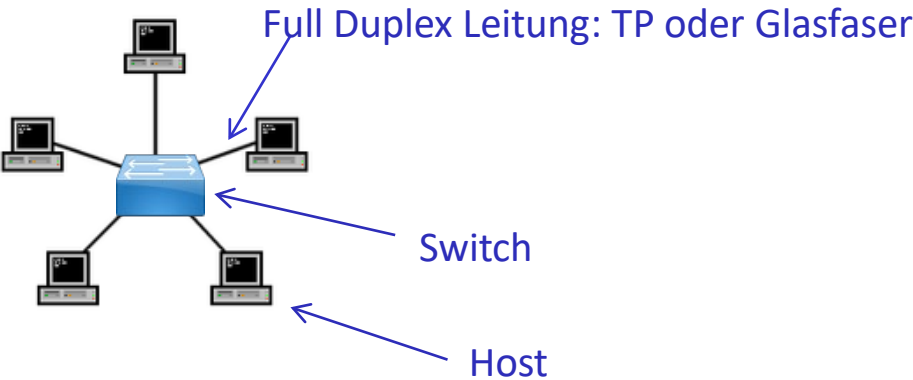
Type	Layer 3 Protocol
0x0800	IP Internet Protocol (IPv4)
0x0806	Address Resolution Protocol (ARP)
0x809B	AppleTalk (EtherTalk)
0x8100	VLAN Tag (VLAN)
0x8137	Novell IPX (alt)
0x86DD	Internet Protocol, Version 6 (IPv6)

3.8 Fallstudie eines Stern NW: Full Duplex Ethernet

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Das heutige Ethernet
- Ethernet Frame unverändert, aber andere Topologie
- Switch: =Hub eines heutigen Ethernet = Vermittler



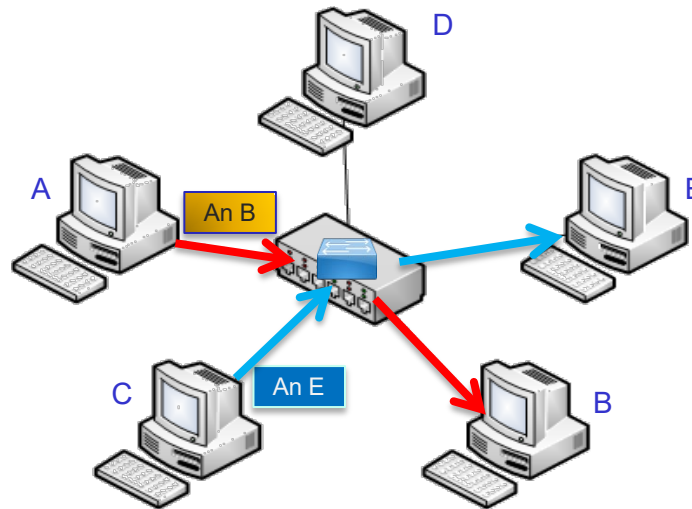
- Keine Kollisionen auf der Leitung (engl. Link), da full duplex
 - Z.B. 2 Simplex Leitungen zwischen Node und Switch, auf jeder gibt es nur einen Sender
 - Nur ein Sender → keine Kollision möglich
- Terminologie:
 - Host: Kommunikationsendgerät (Rechner, Drucker, Scanner,...)
 - (HW-)Port: Kabelbuchse des Switches

3.8 Fallstudie eines Stern NW: Full Duplex Ethernet

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Switch = intelligenter Vermittler
 - leitet Frames anhand der Zieladresse >>nur<< an den Anschluss (Port) weiter, an dem das Ziel angeschlossen ist.



- Besitzt Puffer und Warteschlangen (pro Port) zum Zwischenspeichern von Frames.
- Zwei Switch Typen:
 - **Store and Forward:** Der Frame wird komplett in einem Puffer empfangen, dann in die Warteschlange des Zielports gespeichert (FIFO) und weitergesendet
 - **Cut Through:** dito, falls aber die Warteschlange des Zielports leer ist, wird der Frame bereits nach Empfang der Zieladresse weitergesendet

3.8 Fallstudie eines Stern NW: Full duplex Ethernet

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

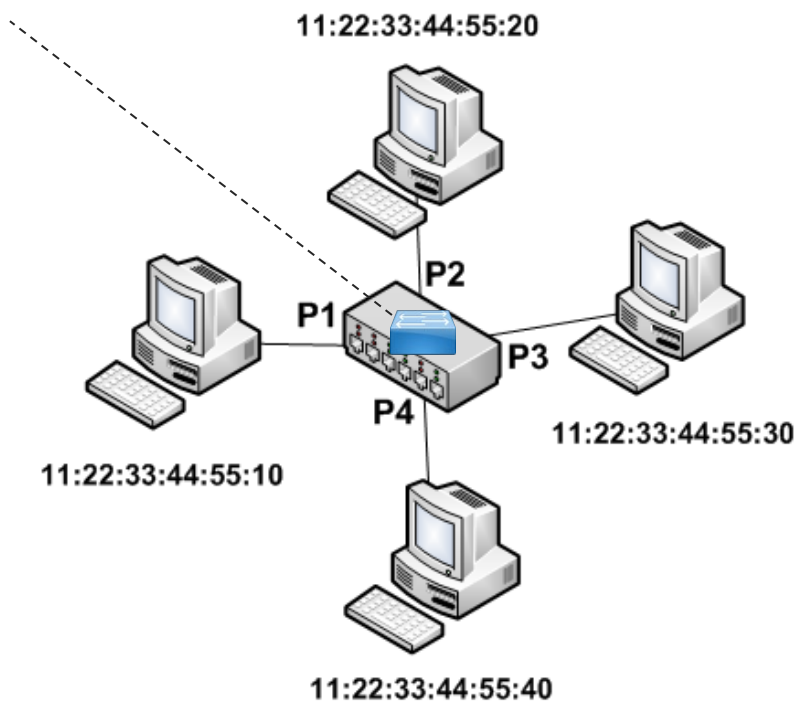
➤ Weiterleitung anhand der MAC-Adresse

?: Woher weiß Switch, dass Host 11:22:33:44:55:20 über Port P2 und Host 11:....:30 über P3 erreichbar ist?

A: Dieses Wissen wird in einer Tabelle im Hauptspeicher des Switches geführt.

Entry	MAC Address	Port	Active
1	11-22-33-44-55-10	1	yes
2	11-22-33-44-55-30	3	yes
3	11-22-33-44-55-20	2	yes
4	11-22-33-44-55-40	4	yes
5	--	--	--
6	--	--	--
7	--	--	--
8	--	--	--

Adresstabelle bzw. Filtertabelle



3.8 Full duplex Ethernet

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien

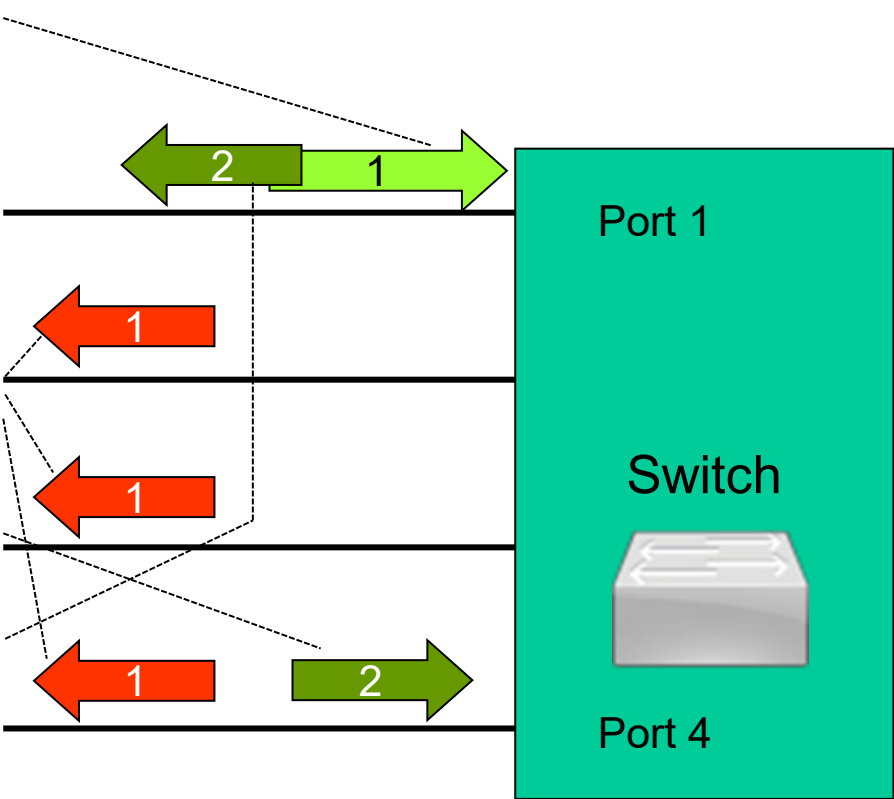
Die Adresstabelle lernt die Stations-Adressen von den Quell-Adressen eingehender Frames (Self-learning switch, „selbstlernender Vermittler“).

Frame 1 mit der Quell-MAC-Adresse 00:22:22:33:33:44 wird am Port 1 empfangen. Diese Quell-Adresse wird in die Adresstabelle eingetragen. Alle zukünftigen Frames, die an diese MAC-Adresse gesendet werden, werden nur noch über Port 1 weitergeleitet (siehe Frame 2).

Da das Ziel des Frames 1 noch nicht in der Tabelle enthalten ist, wird der Frame über alle Ports versendet (**FLOODING**).

Frame 2 mit der Ziel-Adresse 00:22:22:33:33:44 wird am Port 4 empfangen.

Frames mit der Ziel-Adresse 00:22:22:33:33:44 werden nur noch über Port 1 weitergeleitet, kein Flooding.



Entry	MAC	Addr	Port	active
1	--	--	--	No
2	--	--	--	No

Adresstabelle des Switches **bevor** Frame 1 empfangen wurde

Entry	MAC	Addr	Port	active
1	00:...:44	1	Yes	
2	--	--	No	

Adresstabelle **nach** Empfang des Frame 1

Broad- und Multicast Frames werden immer „geflooded“

3.8 Full duplex Ethernet

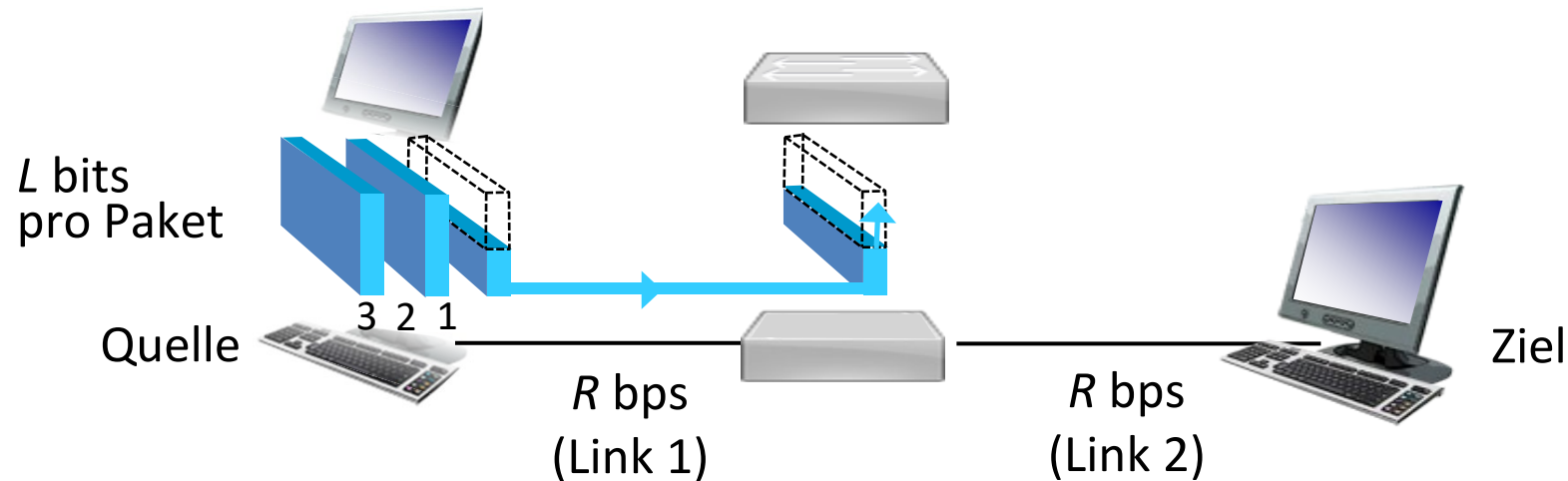
Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- **Netzwerk-Technologien**
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Das war etwas schnell und komplex. Daher nochmals:
 - Jeder Switch besitzt eine Tabelle, die Filter-Tabelle.
 - Einträge dieser Tabelle werden beim Empfang von Frames überschrieben. Dadurch werden die Ziel-Adressen und die Ports, über die sie erreicht werden, gelernt.
 - Da nun MAC-Adressen einem Port zugeordnet sind, werden empfangene Frames, die an diese Adresse gerichtet sind, nur über diesen Port weitergeleitet.
 - In richtigen Switches variiert die Größe der Filter-Tabelle, die meisten können tausende Einträge verwalten. Sehr Große haben eine Kapazität von mehreren 100.000 Einträgen.

3.8 Full duplex Ethernet

Packet-Switching: Store-and-forward - Verzögerungszeit



- **Übertragungsverzögerung („Transmission delay“):** benötige L/R Sekunden um L-bit Pakete über Link mit R bps zu senden
- **Store and forward:** gesamtes Paket muss am Switch ankommen bevor es über den nächsten Link versendet werden kann
- **Ende-Ende Verzögerung:** $2L/R$
(Annahme: keine Signalausbreitungszeit – „Propagation-delay“ auf Link 1 und 2)

One-hop Zahlenbeispiel:

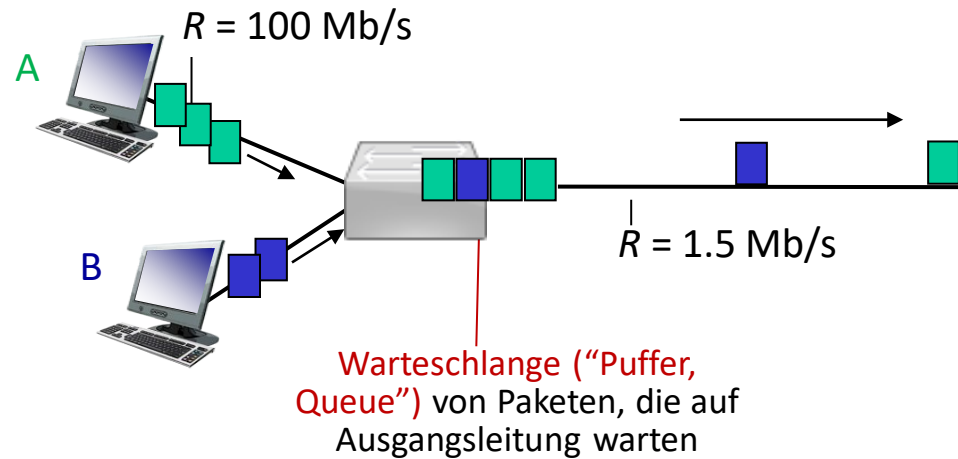
- $L = 10$ Kbits
- $R = 100$ Mbps
- one-hop transmission delay = 0.2 msec

3.8 Full duplex Ethernet

Packet-Switching: Store-and-forward – Pufferzeit und -verlust

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung



Paketwarteschlange und -verlust: falls Empfangsrate (in bps) die Senderate zeitweise überschreitet:

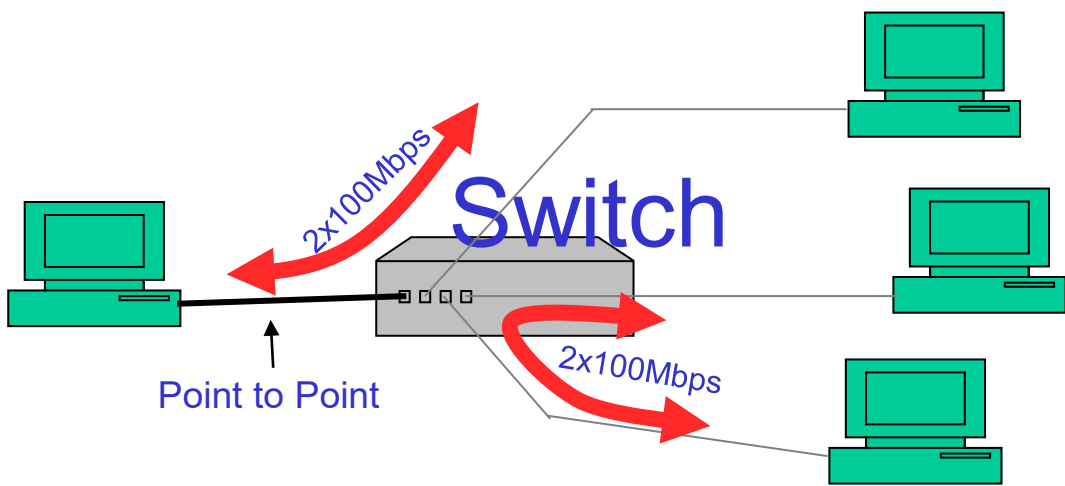
- Pakete werden gepuffert, warten bis sie über die Ausgangsleitung übertragen werden können
- Pakete werden verworfen (Verlust!) falls Speicher (Puffer) überläuft

3.9 Zusammenfassung Heutiges Ethernet

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- CSMA/CD immer noch implementiert aber effektiv ersetzt durch
 - Switched Ethernet
 - Full Duplex Zugriff



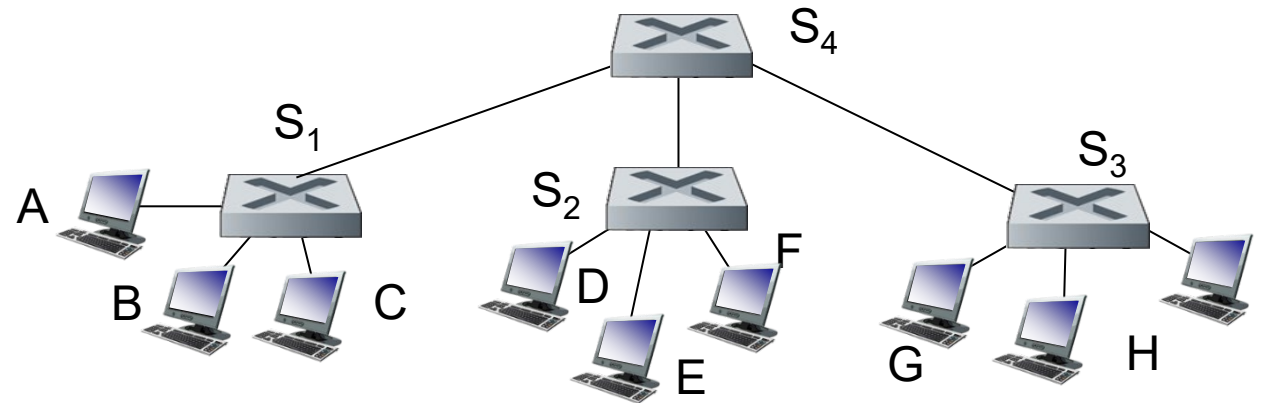
- unabhängige Kommunikationspfade:
bis zu $N \times 100\%$ Gesamtdatenrate
(N : Anzahl der angeschlossenen Stationen; 100%: Linkdatenrate, z.B. 100Mbit/s)

3.10 Verständnis-Fragen

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

1. Was ist das PAD Feld innerhalb eines Ethernet Frames?
2. Warum wird es gebraucht?
3. CSMA/CD: Was ist das?
4. Wird CSMA/CD in einer full duplex Ethernet Lösung gebraucht?
5. Welche grundlegenden NW Topologien gibt es?
6. Können Switches verbunden werden, um so ein größeres NW zu bauen? Was bedeutet dies für die Adressen-Tabelle?



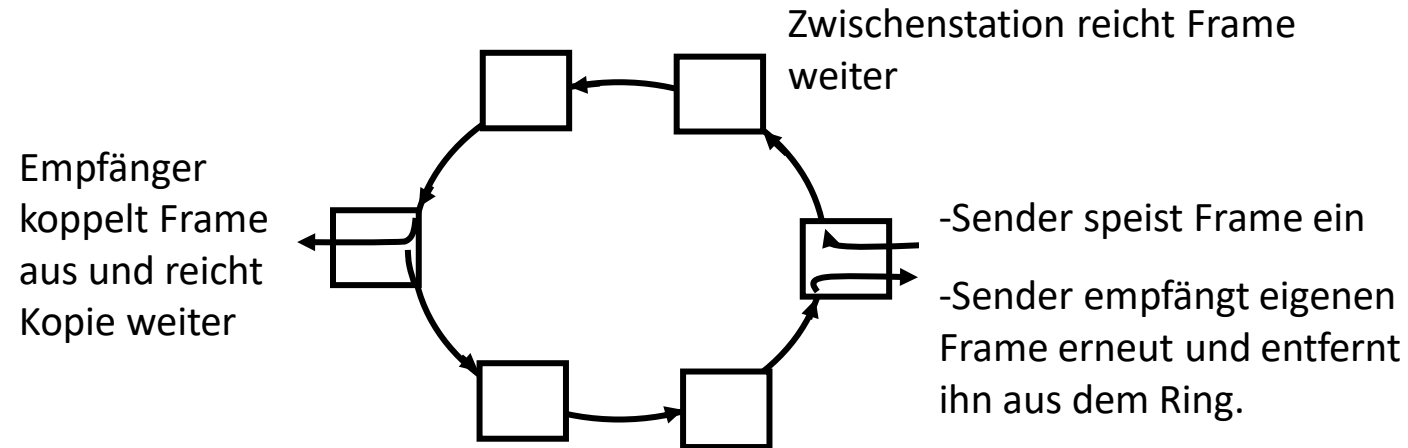
?: A sendet Frame an G: Woher weiß S1, dass er den Frame via S4 zu S3 weiterleiten muss?

3.12 Fallstudie Ring: IBM Token Ring

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

➤ Prinzip



- Fehlererkennung durch Sender möglich!

➤ MAC: Zugriffsverfahren

- spezieller Frame: Token
- Station, die gerade das Token empfangen hat, darf einen eigenen Frame senden.
- Token muss (anschließend) weitergereicht werden

3.13 Weitere wichtige Netztechniken

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- ATM (Asynchronous Transfer Mode)
 - LAN und WAN
 - switched
- Frame Relay
 - WAN
 - switched
- ISDN
 - WAN
 - Leitungen lassen sich mieten → Standleitung
- SONET/SDH
 - WAN
- WLAN (IEEE802.11)
 - LAN
 - gemeinsames Medium Luft
-

*und viele, viele,
viele, viele, viele,
viele mehr ...*

3.14 Zusammenfassung

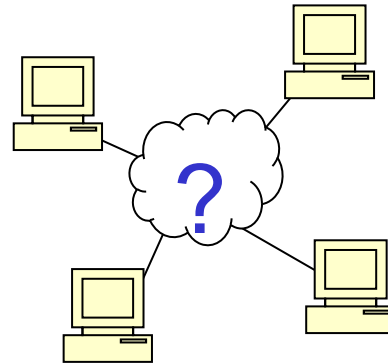
Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

➤ Haben viele Netzwerke kennengelernt

- WAN
- LAN

➤ Kennen das „?“



➤ Netzwerke benötigen

- Bitübertragungsschicht (= Kapitel 1)
- Logik (Fehlerbehandlung, MAC, Adressierung, ...) (= Kapitel 2 und 3)

3.14 Zusammenfassung

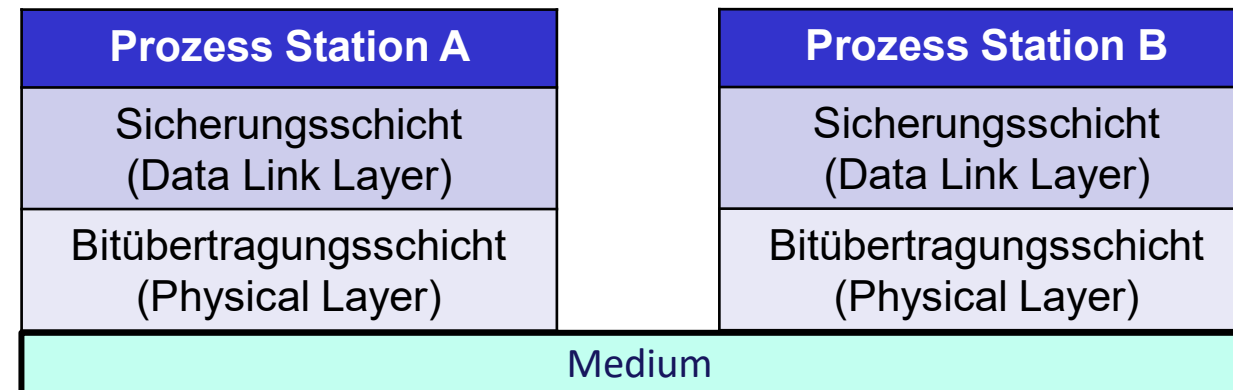
Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Die benötigte Logik fasst man unter den Begriff Sicherungsschicht (engl. Data Link Layer) zusammen
- Es ergibt sich folgender Schichtstapel innerhalb einer Station



- Schichtenmodell zweier Stationen, die über ein gemeinsames Medium kommunizieren:

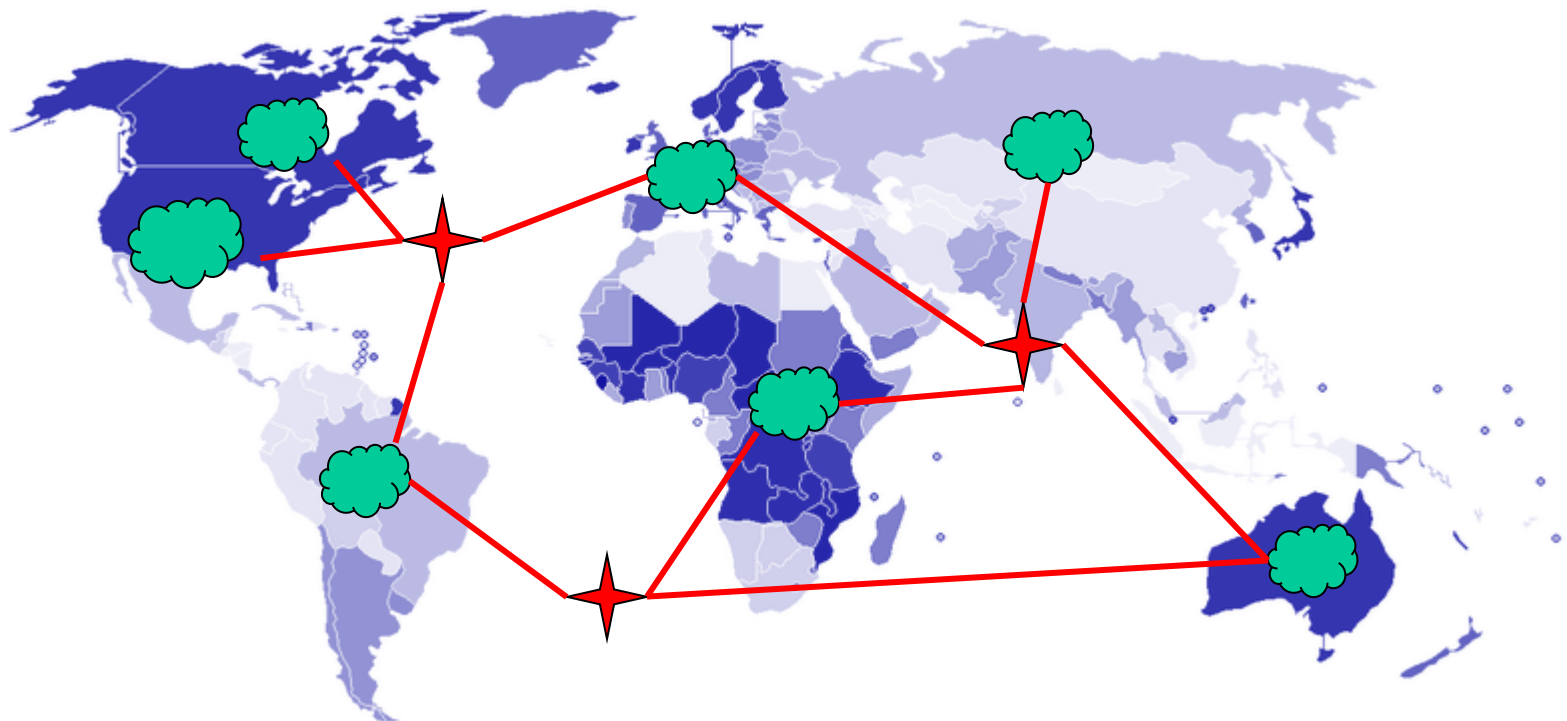


3.15 Ausblick: Die nächsten Kapiteln

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

- Jeder Standort hat eigenes LAN „“
- Jeder Standort kann an WANs „“ angeschlossen werden



3.16 Ausblick: Die nächsten Kapiteln

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- Netzwerk-Technologien
- Routing
- IP-Adressen
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW
- Socket Programmierung

➤ Problem:

- LANs und WANs haben verschiedene, inkompatible Übertragungstechniken
- viele LANs sind für wenige Hosts ausgelegt

➤ Wie kann man trotzdem Daten von einem Standort zu einem anderen Standort übertragen?

➤ Antwort:

- Netz der Netze, das
- Internet
- Logik oberhalb der Sicherungsschicht, die Netzwerkschicht