

# Lokale Netze I

## 1 Einführung

1.1 Einordnung des Stoffgebietes, Voraussetzungen

1.2 Bereich der LAN und Topologien

# 1 Einführung

## 1.1 Einordnung des Stoffgebietes, Voraussetzungen

---

- Womit beschäftigen wir uns in diesem Modul?
- Datenübertragung im lokalen Bereich
- Schwerpunkt sind Geräte und Netze und die dafür verwendeten Technologien
- Am nächsten zu praktisch aufgebauten Systemen und behandelt auch solche
- Voraussetzung ist „Einführung in die Nachrichtentechnik“

# 1 Einführung

## 1.2 Bereich der LAN und Topologien (1)

---

	lokales Netz LAN	Stadtnetz MAN	Weitverkehrsnetz WVN (WAN)
Ausdehnung	mehrere 10...100m	mehrere km ... 10 km	x km ... Welt
Anzahl Endstellen	einige ... einige 100	einige 1000	>>1000 ... x Mio
Ursprung	Datenwelt	Datenwelt	Telefonwelt (Telegrafie)
Beginn	ca. 1970	ca. 2000	ca. 1876 (ca. 1835)

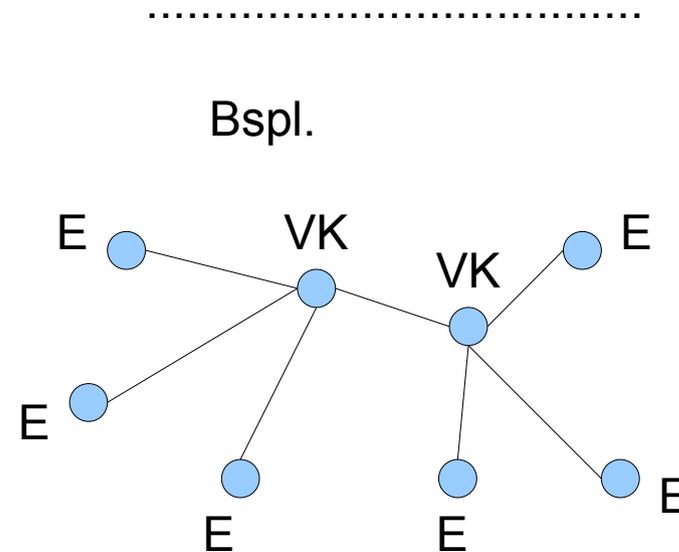
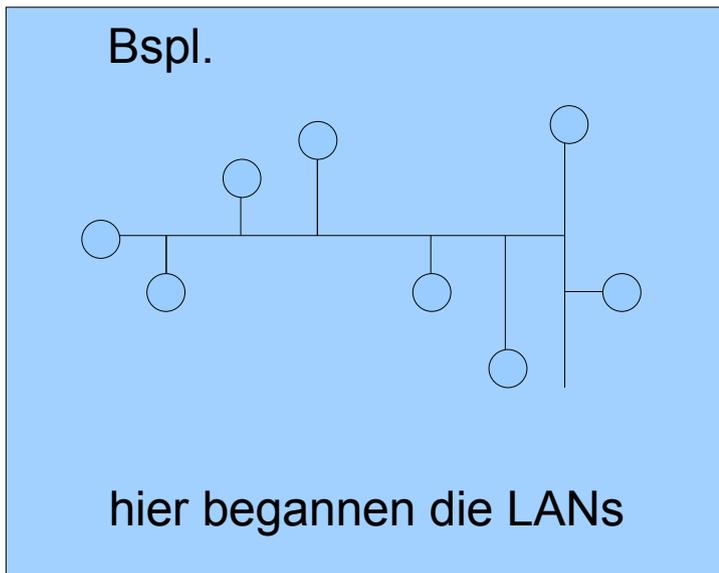
# 1.2 Bereich der LAN und Topologien (2)

---

Netzwerk: n Knoten     $n > 2$

n Kanten     $n > 1$

Topologie: .....  
(shared medium)



# Lokale Netze I

---

## 2 Modelle und Basisverfahren

2.1 Schichtenmodell

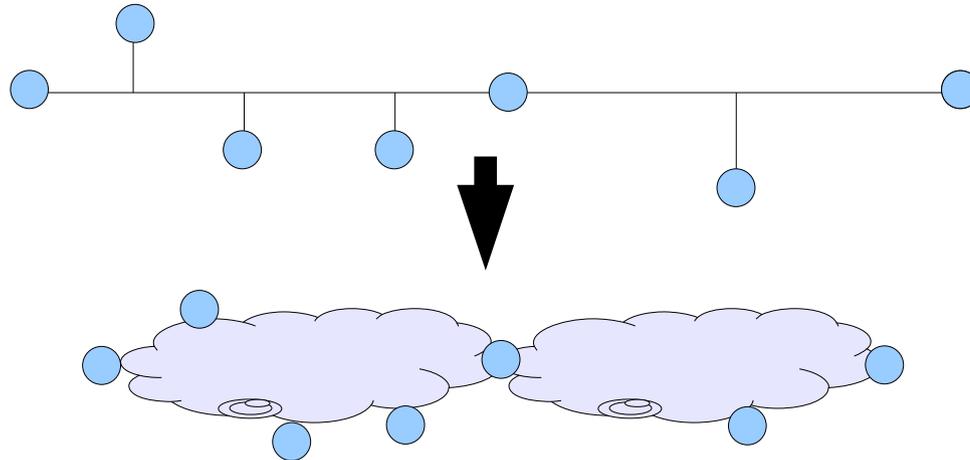
2.2 Zugriffsverfahren

2.3 Entwicklungslinien und Normengebäude

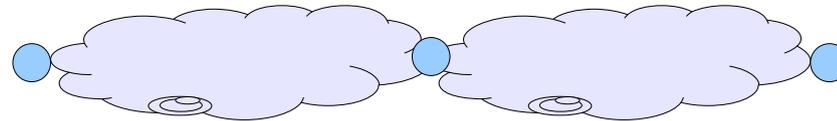
# 2 Modelle und Basisverfahren

## 2.1 Schichtenmodell (1) - Warum?

Beispieltopologie für einfaches Schichtenmodell

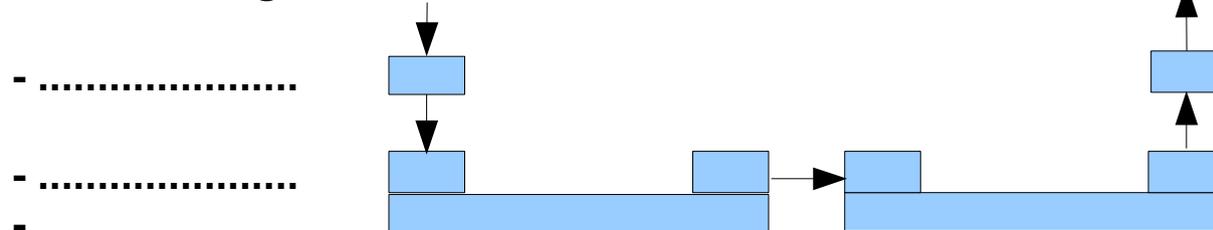


Betrachtung Datenfluss zwischen zwei Endstellen



**Schichten**

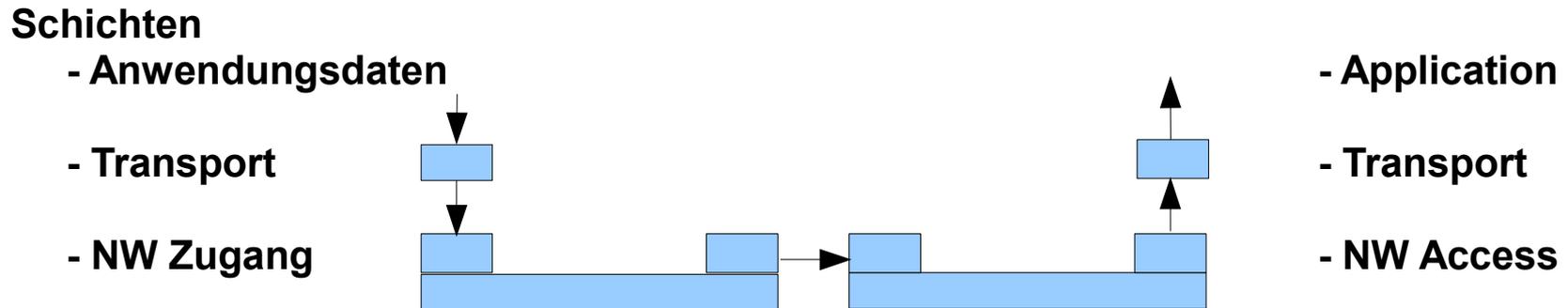
- **Anwendungsdaten**



einfaches Modell  
aus der Praxis

## 2.1 Schichtenmodell (2)

---



- Dieses einfache Schichtenmodell hat erst einmal eine Zeit so gereicht.
- 1984 OSI Schichtenmodell (anfangs hauptsächlich Daten über WAN / WVN)
- nachfolgend auch Anwendung auf LAN
- 2 Modelle werden betrachtet: OSI-Modell und DOD-Modell

OSI: .....  
ISO, ab 1974 entwickelt, veröffentlicht 1984

## 2.1 Schichtenmodell (3)

- 2 Modelle: OSI-Modell und DOD-Modell (gegenüber dem einfachen Modell)

einfaches Modell	DOD-Modell		OSI-Modell	
Application Layer	4	Process Layer (Application Layer)	7	Anwendungsschicht ..... Layer
			6	Darstellungsschicht ..... Layer
			5	Sitzungsschicht ..... Layer
Transport Layer	3	Host to Host Layer	4	Transportschicht ..... Layer
	2	Internet Layer	3	Vermittlungsschicht ..... Layer
Network Access Layer	1	Network Access Layer	2	Sicherungsschicht ..... Layer
			1	Bitübertragungsschicht ..... Layer

## 2.1 Schichtenmodell (4)

---

OSI-Modell	
7	Anwendungsschicht Application Layer
6	Darstellungsschicht Presentation Layer
5	Sitzungsschicht Session Layer
4	Transportschicht Transport Layer
3	Vermittlungsschicht Network Layer
2	Sicherungsschicht Data Link Layer
1	Bitübertragungsschicht Physical Layer

### Beispiele

Email, Bilddienst, Textdienst

Zeichensatz, Formatierung, Umwandlung Bild - Datei

Datenverbindung während der Anwendung,  
(opt. Wiederaufnahme nach Abbruch)

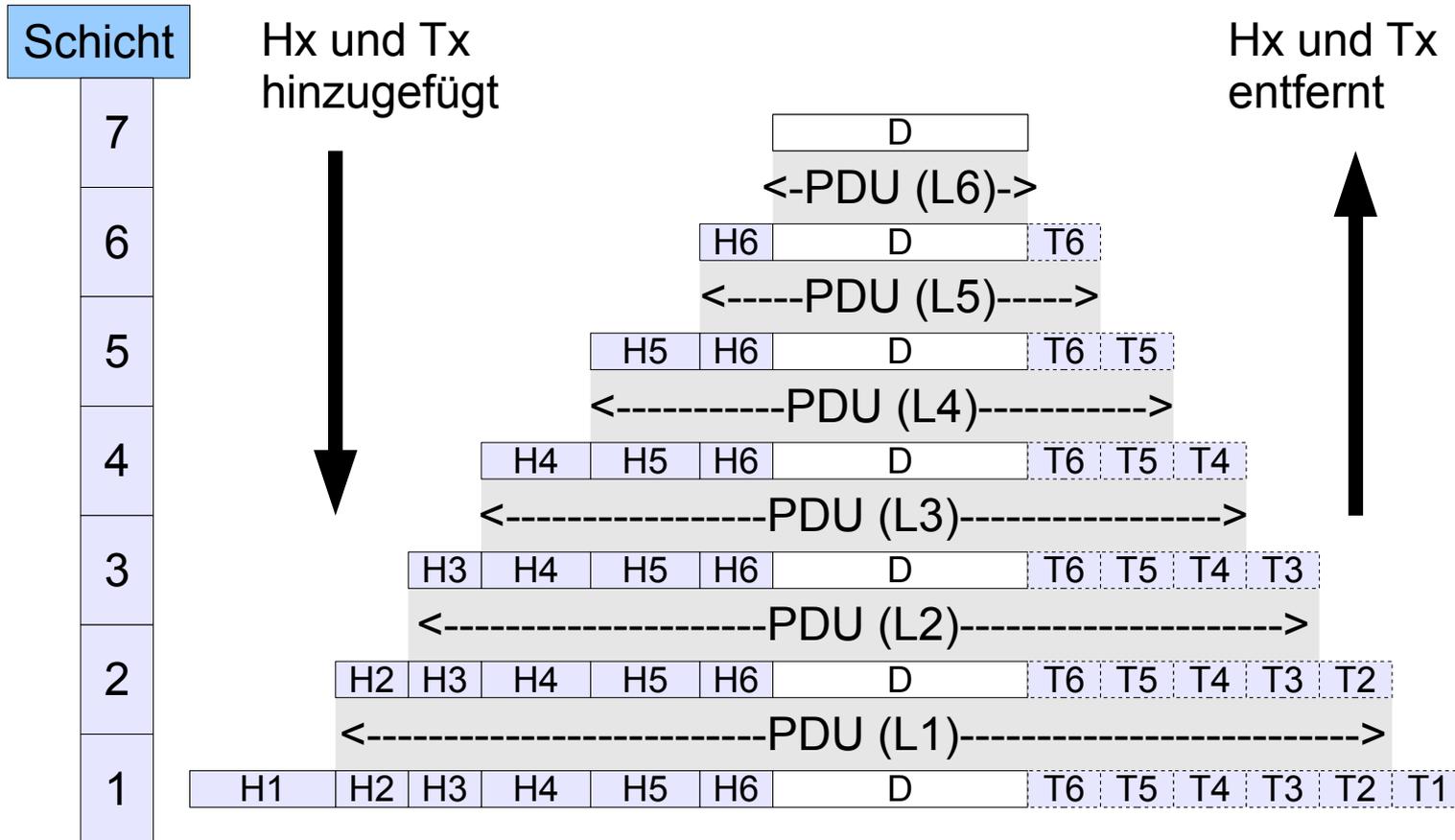
Datentransport von Endstelle zu Endstelle

Datentransport Endstelle – Vermittlungsknoten - ...  
- Vermittlungsknoten - Endstelle

Datentransport von Knoten zu Knoten

Zugang zum physikalischen Medium,  
physikalisches Medium

# 2.1 Schichtenmodell (5)



Hx – ..... der Schicht x  
 Tx – ..... der Schicht x (optional)  
 PDU<sub>x</sub> – .....  
 der Schicht x

Der ..... enthält Steuerinformationen des Protokolls der Schicht.  
 Der ..... schließt den Block und kann z. B. Prüfinformationen enthalten.

Hx und Tx sind der ..... der Schicht x, evtl. auch teilweise zwischen der PDU<sub>x</sub>.

## 2.1 Schichtenmodell (6)

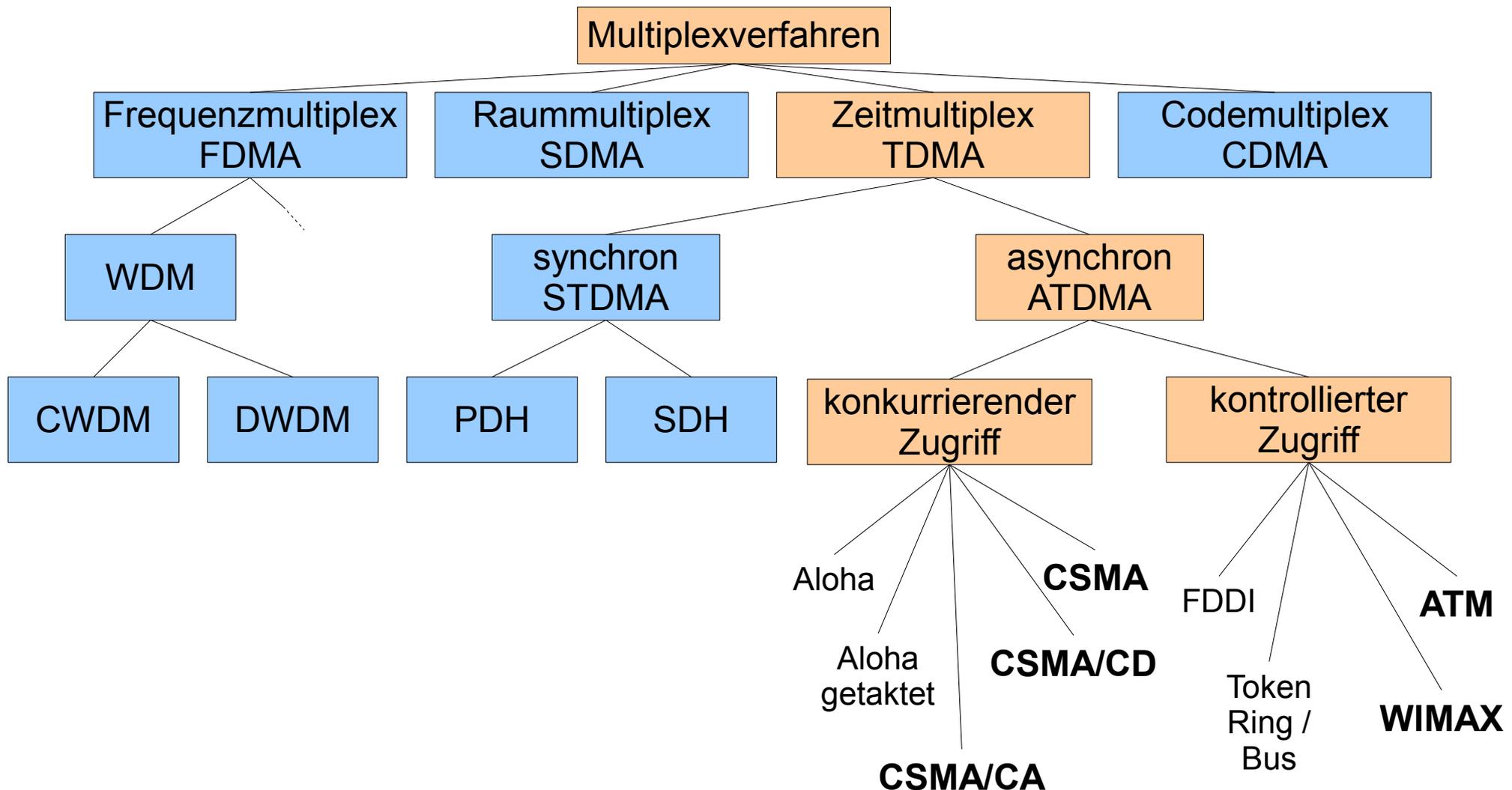
---

- ACHTUNG!
  - Bei gleich bleibenden Nutzdaten (oberste Schicht) wächst die Datenmenge mit sinkender Schichtnummer.
  - Jede Schicht hat ihren Overhead.
  - Ist die Leitungsdatenrate bekannt (unterste Schicht), so kann daraus die Datenrate der jeweiligen PDUs berechnet werden.
  - In aller Regel ist die Leitungsdatenrate höher, als jede PDU-Datenrate.
  - Bei konstanter Leitungsdatenrate ist die PDU-Datenrate um so geringer, je weiter oben die jeweilige Schicht im Stapel liegt.

# 2 Modelle und Basisverfahren

## 2.2 Zugriffsverfahren (1)

- Wie wird die gemeinsame Ressource „shared medium“ unter den Teilnehmern am LAN aufgeteilt?  
Wie werden die Zugriffe synchronisiert?



## 2.2 Zugriffsverfahren (2)

---

- konkurrierender Zugriff
  - keine zentrale Steuerung
  - jede Station muss selbst entscheiden, ob sie zum Zeitpunkt t zugreifen kann

Vorteile:

flexibler Aufbau

relativ ausfallsicher  
(keine zentrale Komponente)

Nachteile:

kein garantierter Durchsatz

unbestimmte max. Wartezeit jeder Station

mathematisches Werkzeug:

Poissonprozeß:  $P(k)$  ist die Wahrscheinlichkeit für  $k$  Ereignisse im Zeitintervall  $T$

$$P(k) = \frac{(\mu T)^k}{k!} e^{-\mu T}$$

$T$ : Zeitintervall

$\mu T$ : mittlere Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis in  $T$

$k$ : Anzahl Ereignisse  $k = 1, 2, 3, \dots$

## 2.2 Zugriffsverfahren (3)

---

- konkurrierender Zugriff

mathematisches Werkzeug:

Poissonprozeß:  $P(k)$  ist die Wahrscheinlichkeit für  $k$  Ereignisse im Zeitintervall  $T$

$$P(k) = \frac{(\mu T)^k}{k!} e^{-\mu T}$$

$T$ : Zeitintervall

$\mu T$ : mittlere Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis in  $T$

$k$ : Anzahl Ereignisse  $k = 1, 2, 3, \dots$

### Anwendung auf Netze – Ermittlung des Durchsatzes

$T = 1$ : normierte Rahmendauer

$G = \mu T$ : mittlere Anzahl erzeugter Rahmen aller Stationen während einer Rahmendauer  $T$

$D = G * P(0)$ : Durchsatz;  $G$  mal  $P$  (keinen weiteren Rahmen in relevanter Zeit  $T_k/T$ )

$T_k/T$ : normiertes Kollisionsintervall

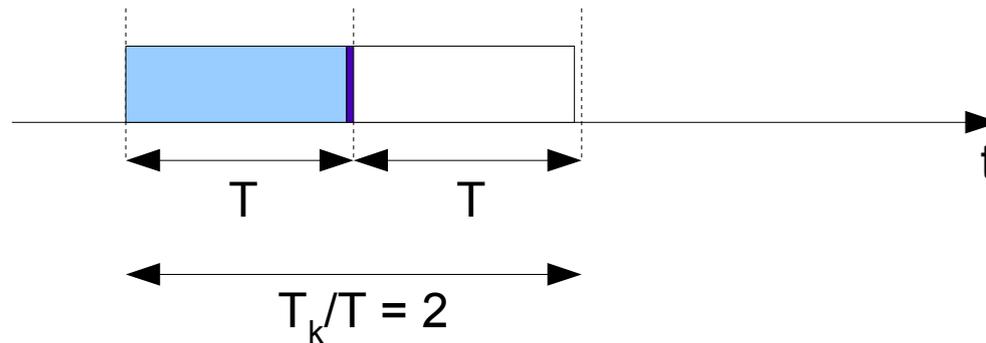
$$D = G * P(0) = e^{-\left(\frac{T_k}{T} G\right)}$$

## 2.2 Zugriffsverfahren (4)

---

- Aloha (reines Aloha – pure Aloha)

„Jeder sendet seinen Frame, wann er will“



$$D = G * e^{-2G}$$

D: Durchsatz pro Rahmenzeit  
G: Frames pro Rahmenzeit

Maximum bei  $G = 0,5 \rightarrow S = 18 \%$

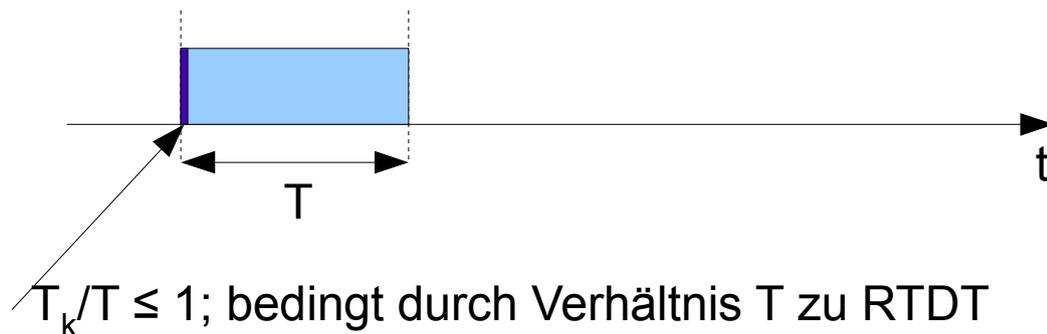
- zu wiederholende Frames zählen mehrfach!!!

## 2.2 Zugriffsverfahren (5)

---

- CSMA (.....)

„Jeder sendet seinen Frame wenn er will, aber nur dann, wenn der Kanal gerade frei erscheint“



RTDT: .....; doppelte Signallaufzeit zwischen den am weitesten voneinander entferneten Teilnehmern; enthält Laufzeit durch die Leitung und Laufzeiten in Schaltungen

Verhältnisse hier komplexer als bei ALOHA, z. B. durch Wartestatus von Ereignissen

## 2.2 Zugriffsverfahren (6)

---

- CSMA/CD (...../.....)

„Jeder sendet seinen Frame wenn er will, aber nur dann, wenn der Kanal gerade frei erscheint. Er merkt, wenn es schief geht, bricht ab, und versucht es danach erneut, nachdem er eine zufällige Zeit gewartet hat. Wenn es zu oft nicht geklappt hat, wird abgebrochen“

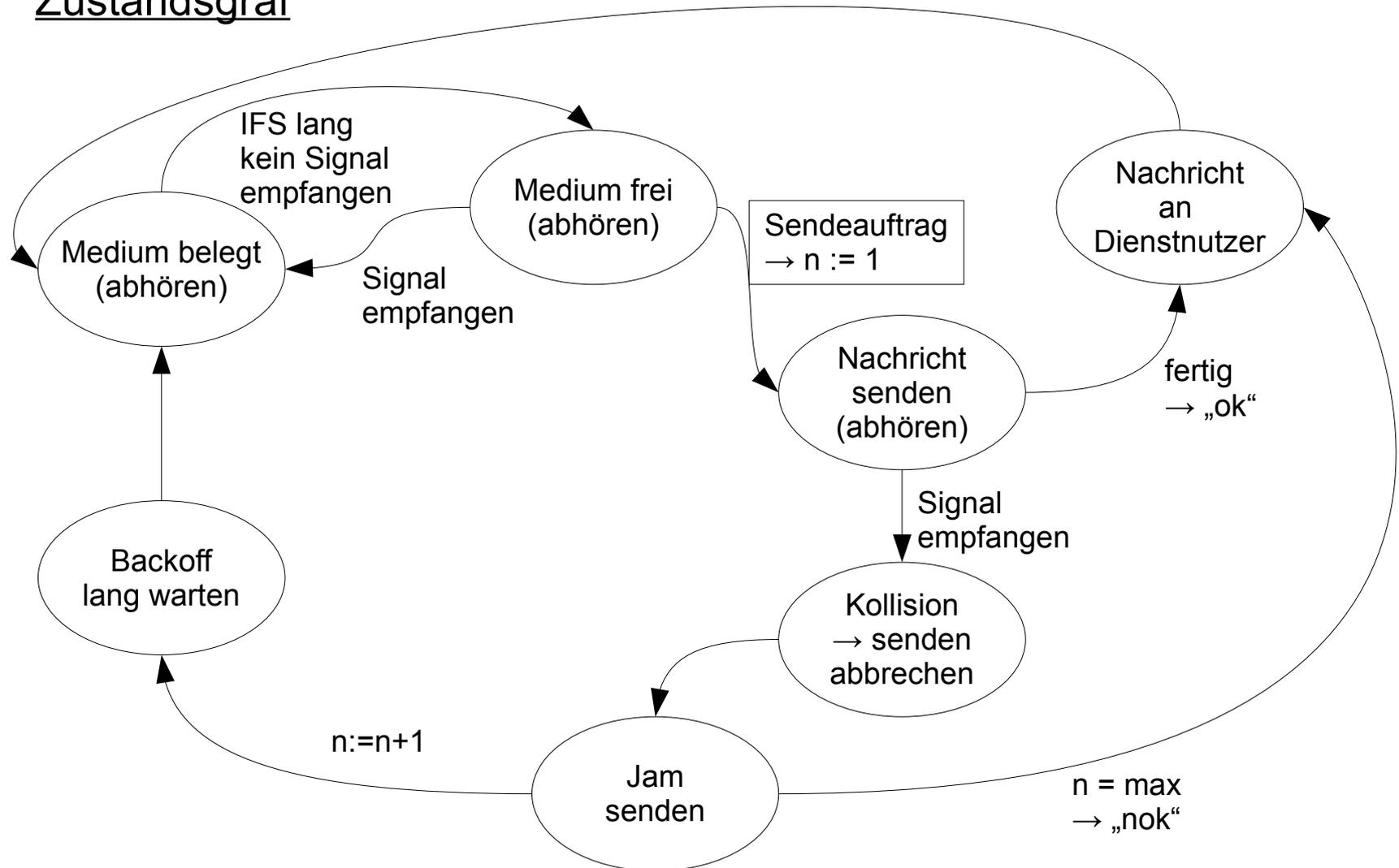
- ..... Ethernet

Verhältnisse hier komplexer als bei ALOHA, z. B. durch Wartestatus von Ereignissen

## 2.2 Zugriffsverfahren (7)

- CSMA/CD (...../.....))

### Zustandsgraf



## 2.2 Zugriffsverfahren (8)

---

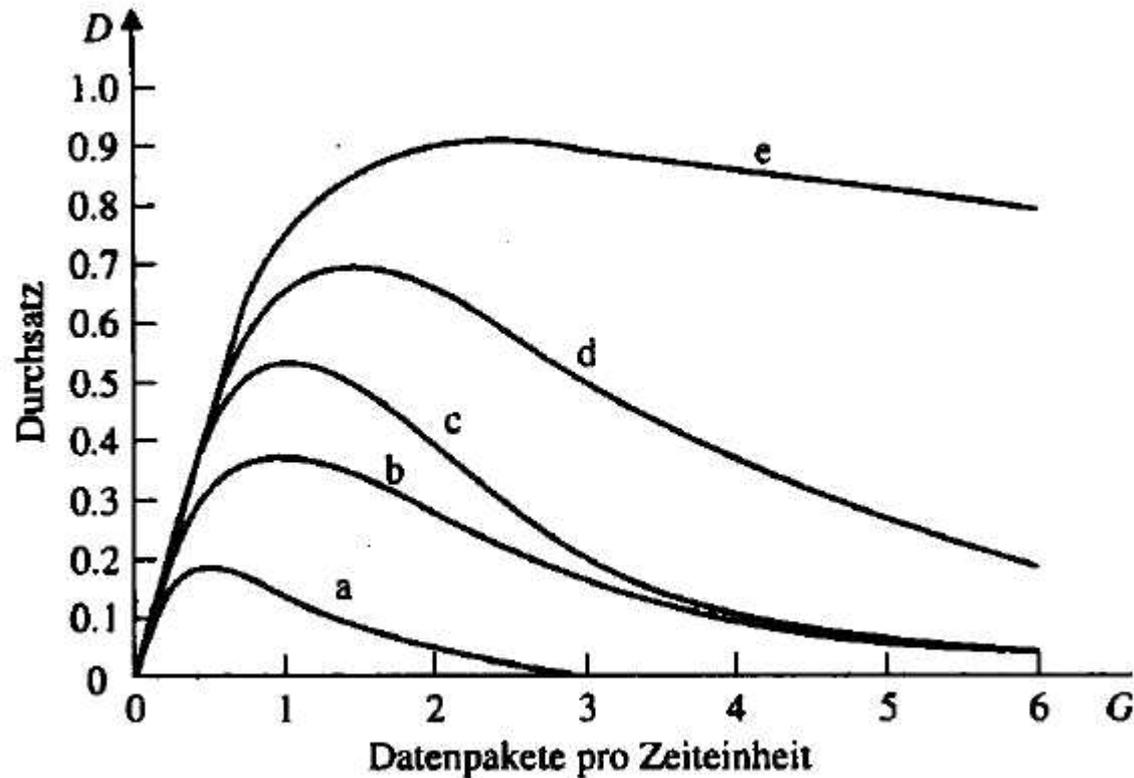
- CSMA/CD (...../.....)

backoff – zusätzliche Wartezeit nach Kollisionen  
zufällige Dauer  
sinnvollerweise steigend mit steigendem n  
(Diskussion!)

p-persistent: mit Wahrscheinlichkeit p „sofort“ senden  
mit Wahrscheinlichkeit  $q = (1-p)$  backoff warten

## 2.2 Zugriffsverfahren (9)

- Vergleich des Datendurchsatzes



- a – reines ALOHA
- b – unterteiltes ALOHA
- c – CSMA
- d – CSMA/CD,  $p = 0,5$
- e – CSMA/CD,  $p = 0,1$

## 2.2 Zugriffsverfahren (10)

---

- CSMA/CA (...../.....)

„Jeder sendet seinen Frame wenn er will, aber nur dann, wenn der Kanal gerade frei erscheint und eine zufällige Wartezeit verstrichen ist. Er merkt später, ob es schief gegangen ist, und versucht es dann erneut.“

- typisch bei drahtlosen Netzen

- CSMA/CR (...../.....)

„Jeder sendet seinen Frame wenn er will, aber nur dann, wenn der Kanal gerade frei erscheint. Er merkt, wenn es schief geht. In dem Fall entscheidet sich auf Grund einer Prioritätsinformation, wer weiter oder gleich danach erneut senden darf.“

- CAN (Feldbuss)

## 2.2 Zugriffsverfahren (11)

---

- kontrollierter Zugriff
  - zentrale Steuerung
  - jede Station bekommt Zeitschlitz zugeteilt
  - entweder immer festen Zeitschlitz „auf Vorrat“  
oder nach vorheriger Abfrage im einem (kurzen) Zeitschlitz

### Vorteile:

gut kalkulierbarer Durchsatz

garantierte max. Wartezeit je Station

### Nachteile:

extra zentrale Komponente nötig

Problem beim Ausfall zentraler Komponente  
oder erhöhter Aufwand bei Redundanzkonzept

Der Datendurchsatz kann nahe an 100 % liegen.

- Token Bus / Token Ring
- WiMax

## 2 Modelle und Basisverfahren

### 2.3 Entwicklungslinien und Normengebäude (1)

---

	<u>LAN - Kabel</u>	<u>MAN</u>	<u>LAN - Funk</u> (ALOHA)
1970			
1972-75	Urvariante Ethernet XEROX, ca. 2Mbit/s		
1979	10 Mbit/s XEROX, DEC, Intel		
1980	Gründung IEEE 802		
1983	10Base2 IEEE 802.3		
1985	Bridges		
1990/91	Switches, 10BaseT	(Ethernetkopplung - WAN)	
1992	10BaseFX – LWL		

ohne Gewähr

## 2.3 Entwicklungslinien und Normengebäude (2)

---

	<u>LAN - Kabel</u>	<u>MAN</u>	<u>LAN - Funk</u>
1995	100BaseT		Start IEEE 802.11
1997			IEEE 802.11 fertig, 2 Mbit/s 2,4 GHz
1998	1000BaseSX/ LX/ ZX (LWL)	1000Base LX/ ZX ( $\geq 10$ km LWL)	
1999	1000BaseT (Cu)		IEEE 802.11 b, 11 Mbit/s 2,4 GHz IEEE 802.11 a, 54 Mbit/s 5 GHz
2001		Gründung Metro Ethernet Forum (MEF) IEEE 802.16 fertig Gründung WiMAX-Forum	(IEEE 802.16 fertig)
2002	10GBaseSX/ LX/ ZX 100BaseFX		

ohne Gewähr

## 2.3 Entwicklungslinien und Normengebäude (3)

---

	<u>LAN - Kabel</u>	<u>MAN</u>	<u>LAN - Funk</u>
2003			IEEE 802.11g, 54 Mbit/s 2,4 Ghz
2003/4		Aufbau in Thüringen durch alternativen Netzbetreiber	
2006/7	10GBaseT		
9/2009			IEEE 802.11 n, 540 Mbit/s
6/2010	40G (IEEE 802.3ba) 100G (IEEE 802.3ba)		
???	1000G (Diskussion)		

ohne Gewähr

# Lokale Netze I

---

## 3. Ethernet

- 3.1 Normen, Schichtenmodelle und reales Netz
- 3.2 erste Realisierung und die Auswirkung auf heute
- 3.3 Aufbau der Frames
- 3.4 Bridge und Switch
- 3.5 VLAN – virtuelles LAN
- 3.6 STP – Spanning Tree Protocol
- 3.7 Autonegotiation
- 3.8 Flusskontrolle
- 3.9 Link Aggregation
- 3.10 Geschwindigkeit und Verkabelung
- 3.11 Netzwerkmanagement
- 3.12 Netzdiagnose und Messverfahren



# 3.1 Normen, Schichtenmodelle und reales Netz (2)

---

- LLC – .....
  - ist für die Schnittstelle zum Dienstenutzer zuständig
  - bietet die SAPs, ordnet Datenströme SAPs zu  
DSAP – destination SAP; SSAP – source SAP
  - arbeitet mit MAC zusammen
  
- MAC – .....
  - regelt den logischen Zugriff auf das Medium
  - arbeitet mit LLC zusammen
  
- Diskussion der Modelle im Vergleich:
  - beim OSI-Modell war man von ..... Medienzugriffen  
ausgegangen
  - beim DOD hatte man mehr ..... und ..... im Blickfeld

# 3.1 Normen, Schichtenmodelle und reales Netz (3)

---

## Auswahl der Arbeitsgruppen

IEEE 802.1 – High Level Interface (Internetworking)

IEEE 802.2 – Logical Link Control (Diensttypen und logische Verbindungssteuerung)

IEEE 802.3 – CSMA/CD (Ethernet) (inzwischen nicht nur CSMA/CD!!!!)

...

802.3u – Fast Ethernet

802.3z - Gigabit Ethernet über Glasfaser

802.3ab - Gigabit Ethernet über UTP

802.3ad - Link Aggregation

802.3ae – 10 Gigabit Ethernet

802.3an – 10 GBase-T

802.3af – Power over Ethernet

\  
|  
|  
| Auszug  
|  
|  
/

...

...

IEEE 802.10 – SILS (Standard for Interoperable LAN Security) - Empfehlungen über Sicherheitsaspekte im LAN

# 3.1 Normen, Schichtenmodelle und reales Netz (4)

OSI-Modell			DOD-Modell	
7	Anwendungsschicht Application Layer		4	Process Layer (Application Layer)
6	Darstellungsschicht Presentation Layer			
5	Sitzungsschicht Session Layer			
4	Transportschicht Transport Layer			
3	Vermittlungsschicht Network Layer	Ethernet (Synonym IEEE802.3)	3	Host to Host Layer
2	Sicherungsschicht Data Link Layer	LLC Layer (802.2)	2	Internet Layer
		MAC Layer (802.3, ...)		
1	Bitübertragungsschicht Physical Layer	Physical Layer (802.3, ...)		

LLC – logical link control      MAC – Media Access Control

## 3.2 erste Realisierung und die Auswirkung auf heute (1)

---

Yellow Cable – die erste Art der Verkabelung mit vom Rechner abgesetzten Transceivern  
(10Base5)

Thin Ethernet – die spätere und einfachere Variante der Verkabelung mit dünnerem  
(10Base2) Koaxialkabel (oft RG58U)

Beide Varianten haben nur noch historische Bedeutung.

Bilder mit den Elementen und den Zusammenschaltungen sind im Internet zu finden.

(Muster)

### **Aber:**

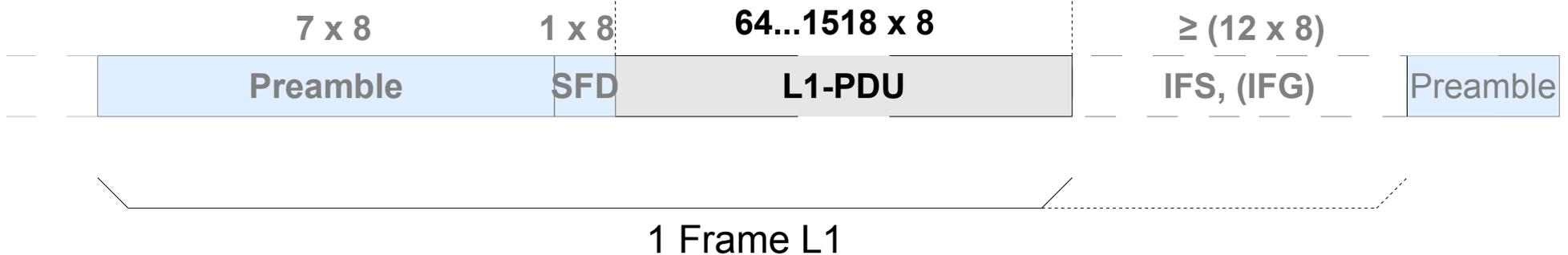
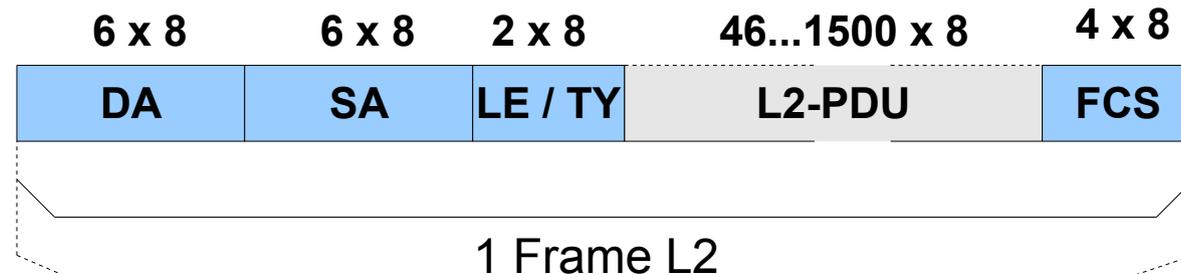
Besonderheiten des CSMA/CD, die aus dem gemeinsam genutzten Medium resultieren, schleppen wir bis heute mit.

→ pauschal: Kompatibilität bedeutet auch Mitschleppen



# 3.3 Aufbau der Frames (2)

- 3.3.2 Layer 2



DA: ..... SA: .....

LE / TY: ..... <1536 (0600h) → Length  
 ≥1536 (0600h) → Type

FCS: ..... (32 Bit CRC Polynom)

# 3.3 Aufbau der Frames (3)

- 3.3.2 Layer 2

## Address Fields

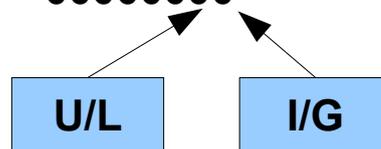


	<b>DA</b>	<b>Sa</b>
<b>I / G</b>	0 – Einzeladresse 1 – Gruppenadresse	0 – Einzeladresse 1 – (reserviert)
<b>U / L</b>	0 – global verwaltet 1 – lokal verwaltet	0 – global verwaltet 1 – lokal verwaltet

Schreibweise üblicherweise hexadezimal  
Oktetts meist getrennt durch „-“ oder „:“

Beispiel: 00-11-D8-45-43-a9 (global verwaltete Einzeladresse)  
01-00-5E-... (global verwalteter Bereich für Multicast)

Achtung: 00- = 00000000



## 3.3 Aufbau der Frames (4)

---

- 3.3.2 Layer 2

### Length / Ethertype

- 2 Interpretationen, abhängig vom Wert
  - <1536 (0600h) → Length
  - ≥1536 (0600h) → Ethertype

### Beispiele für Ethertype:

<b>0x0800</b>	<b>Internetprotokoll Version 4 (Ipv4)</b>
<b>0x0806</b>	<b>Address Resolution Protocol (ARP)</b>
<b>0x809b</b>	<b>Apple Talk (Ethertalk)</b>
<b>0x80f3</b>	<b>Apple Talk Address Resolution Protocol (AARP)</b>
<b>0x8100</b>	<b>IEEE 802.1 q tagged Frames</b>
<b>0x86dd</b>	<b>Internetprotokoll Version 6 (Ipv6)</b>
<b>0x8847</b>	<b>MPLS unicast</b>
<b>0x8848</b>	<b>MPLS multicast</b>
<b>0x8863</b>	<b>PPPoE Discovery Stage</b>
<b>0x8864</b>	<b>PPPoE Session Stage</b>
<b>0x9100</b>	<b>Q-in-Q</b>

## 3.3 Aufbau der Frames (5)

---

- 3.3.3 Datenraten der Schichten
  - „Bitrate“ des Ethernet ergibt sich aus dem reziproken Wert des Signalschrittes  $1 / T$  und ist somit auf L1 bezogen --> Leitungsgeschwindigkeit
  - Bitrate L1 ist genau genommen schon deshalb nicht die Datenrate L1, weil IFS / IFG nicht zum Frame gerechnet werden.
  - Auch bei max. dicht nacheinander gesendeten Frames ergibt sich keine allgemein ermittelbare maximale Datenrate, da der Anteil von IFS pro Zeiteinheit von der Länge der Frames abhängt.
  - Bitrate L1 ist weiterhin deshalb nicht eine PDU-Datenrate, weil außer der PDU noch Overhead übertragen wird.
  - Eine max. L1 Datenrate kann für bestimmte Framelängen ermittelt werden. Dabei wird von der PDU einer bestimmten Schicht ausgegangen.
  - Analog zu L1 gilt das auch für L2 usw.
  - (Beispiele, Berechnung siehe auch 3.4 (8))

## 3.3 Aufbau der Frames (6)

---

- Analyse konkreter Beispiele (Mitschnitte) in der Vorlesung

Achtung, zu beachten bei Wireshark:

## 3.4 Bridge und Switch (1)

---

- 3.4.1 Hub, Bridge und Switch

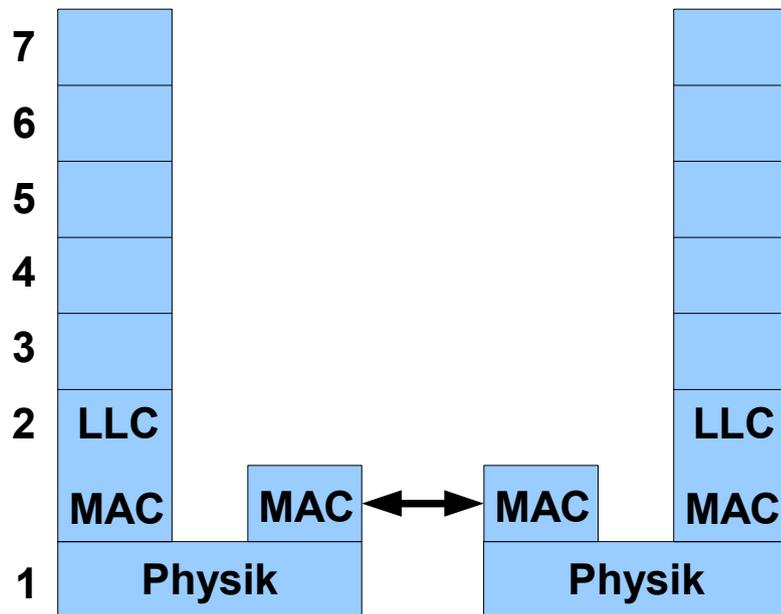
1985      Bridges                      ??? HUBs  
1990/91   Switches

- spezielle Eigenschaften der ursprünglichen LAN
  - Kollisionen → Datendurchsatz deutlich unterhalb Leitungsgeschwindigkeit
  - Kollisionen → max. Ausdehnung LAN
  - ein Medium → Fehler an einer Stelle stört ganzes LAN
  
- Lösung:                                      (Bilder zu den Netzstrukturen)

## 3.4 Bridge und Switch (2)

- 3.4.2 Grundregeln der Bridge

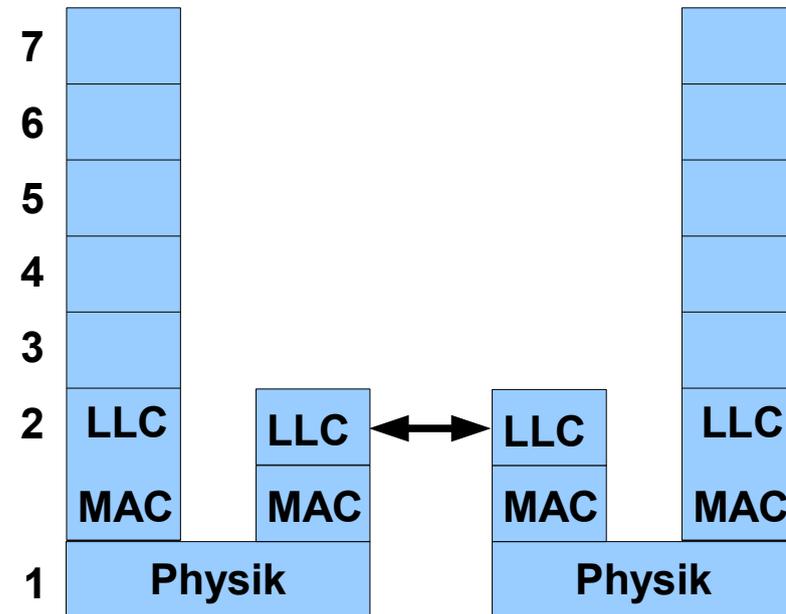
MAC-Bridge



selbe L2-Technologie (z. B. Ethernet)

selber Ort / entfernte Orte

LLC-Bridge



selbe oder unterschiedliche L2-Technologie (z. B. Ethernet und Token Ring)

selber Ort / entfernte Orte

## 3.4 Bridge und Switch (3)

---

- 3.4.2 Grundregeln der Bridge
  - MAC-Bridge
    - aufteilen Kollisionsdomänen
  - LLC-Bridge
    - L2-Technologien übersetzen (aufteilen Kollisionsdomänen und Übersetzen von Protokollen)

## 3.4 Bridge und Switch (4)

---

- 3.4.2 Grundregeln der Bridge !!!!!

- Transparent Bridge (Bedeutung: )

- MAC-Adressen lernen (vom Sender)
- selektives Weiterleiten von Frames

broadcast

Multicast

unicast (ungelernte MAC-Adresse)

unicast (gelernte MAC-Adresse)

- Source Routing Bridge (Bedeutung: )

- Sender gibt vollständigen Pfad vor → LLC-Ebene

- 
- Zusammenfassung Bridgeverfahren

	MAC-Bridge	LLC-Bridge
Transparent Bridge	X	(?)
Source Routing Bridge	--	X

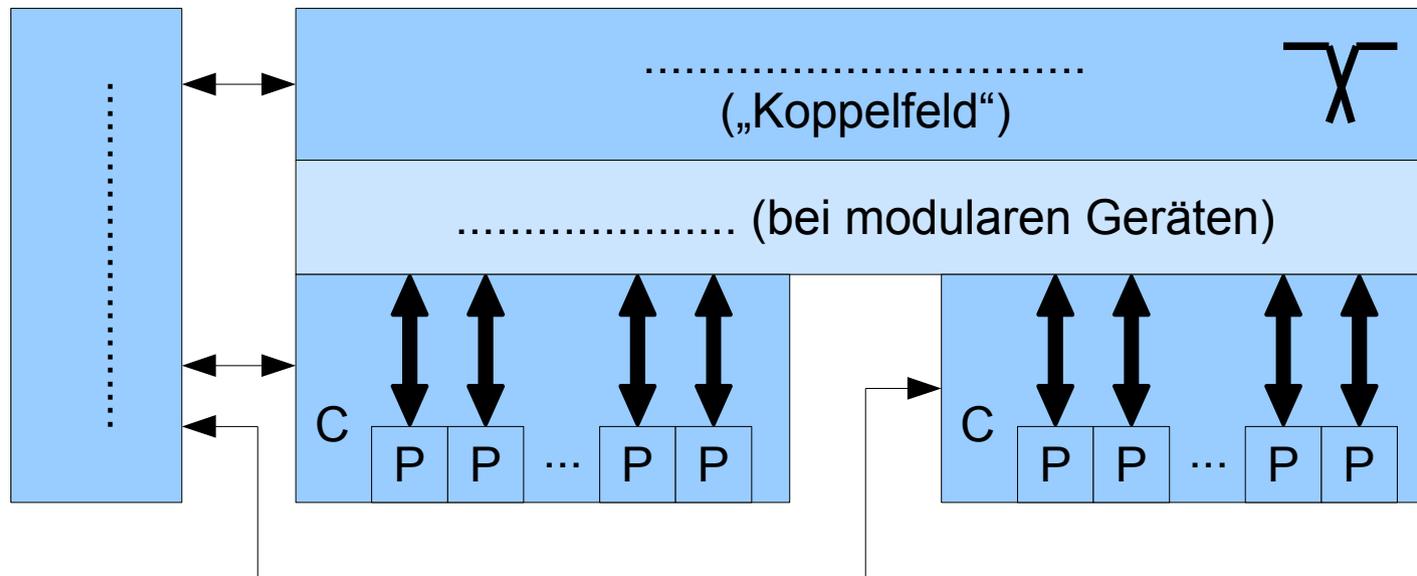
## 3.4 Bridge und Switch (5)

---

- 3.4.2 Der Switch
  - Der Gedanke des HUB und der Gedanke der Bridge führen zum Switch. (Zumindest könnte es so gewesen sein.)
  - Der Switch ist eine Bridge mit einer größeren Anzahl Ports, zumindest aber 3 Stück.
  - Die Ports eines Switches passen zu einer durchgehenden L2-Technologie, heute wohl durchweg Ethernet → MAC-Bridge.
  - Es können Ports mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten am selben Switch vorhanden sein.
  - Es können unterschiedliche Geschwindigkeiten und Duplexarten an ein und demselben Port möglich sein (typisch 10/100 oder 10/100/1000) (wahlweise, nicht gleichzeitig aktiv).

# 3.4 Bridge und Switch (5)

- 3.4.2 Der Switch – Prinzipschaltbild



C – ..... Puffer (Buffer) zum Zwischenspeichern von  
 P – ..... Frames oder Teilen davon nicht dargestellt.

Die ..... schaltet Frames entsprechend der Weiterleitungsregeln an einen oder mehrere Ports durch.

## 3.4 Bridge und Switch (6)

- 3.4.2 Der Switch – aktuelle Beispiele (2010)



heute typisch:

- N x 48 x 10/100 Mbit/s
- + M x 12 x 1000 Mbit/s
- + K x 4/8/16 x 10 Gbit/s

**A**



- 24... 48 x 10/100 Mbit/s
- + 2...4 x 1000 Mbit/s
- 12...24 x 10/100/1000 Mbit/s
- 12...24 x 10/100/1000 Mbit/s
- + 2...4 x 1000 Mbit/s
- (+ 2 x 10 Gbit/s)

**B**

- 4...8 x 10/100(/1000) Mbit/s

**C**

Quellen: [www.cisco.com](http://www.cisco.com), [www.extremenetworks.com](http://www.extremenetworks.com)

# 3.4 Bridge und Switch (7)

---

- 3.4.2 Der Switch

- Geräte je Switchport (und wie):

- Wenn jeweils direkt nur ein Gerät je Switchport → keinerlei Kollisionen mehr  
→ ..... möglich

- Weitergabe von Frames mittels store-and-forward oder cut-through

min. Latenzzeit

Einfluß von CRC-Fehlern

- Switching Fabric – Die Weiterleitungsstruktur bzw. -Einheit

Leistungsfähigkeit (fps oder auch pps; Achtung: für alle Richtungen in  
Summe - Beispiele)

Blockierungsfreiheit - .....

# 3.4 Bridge und Switch (8)

- 3.4.2 Der Switch

- Beispiel für die Ermittlung der maximalen Anzahl von Frames pro Sekunde

Die maximale Anzahl entsteht bei ..... langen Frames und ..... langem IFS.



Ein minimal langer Frame beansprucht eine Dauer von  $84 * 8T$ .

$$T_{Fr} = \dots$$

$T_{Fr}$ : Dauer eines Frames, in T  
 $T$ : Dauer eines Signalschrittes  
 auf der Leitung

$$R_{Fr} = \frac{R_L}{T_{Fr}}$$

$R_L$ : Leitungsrate, in T pro Sekunde  
 $R_{Fr}$ : Framerate

R_L	R_Fr /Fr/sec
10 Mbit/s	
100 Mbit/s	
1000 Mbit/s	1.488.095

max. Framerate

## 3.4 Bridge und Switch (und Hub) – Fazit oder Übersicht

---

- Der Hub löst das Problem, daß auf einem ausgedehnten Netz mit Koaxkabel ein Fehler schwer zu lokalisieren ist. Mit Ausnahmen wird an jeden Port des Hub nur eine Station angeschlossen. Der Hub arbeitet auf OSI-Layer 1. Alle Teilnehmer befinden sich in einer .....
- Die meisten Hubs wurden nicht mehr für reine Koaxialkabelnetze gebaut, sondern für den Anschluss über Twisted Pair Kabel (Doppeladern). Bei diesen sind die Sende- und die Empfangsrichtung elektrisch voneinander getrennt. Diese Entwicklung kommt von der Vereinheitlichung der Gebäudeverkabelung und eröffnet dem LAN durch die Trennung der Übertragungsrichtungen neue Möglichkeiten. Die Montage wird erleichtert. Das passive Netz (Verkabelung) ist für mehrere Dienste (z. B. Ethernet und Telefon) nutzbar. Die Verbindungen sind elektrisch .....
- Die Bridge verbindet einzelne LAN-Segmente. Frames aus einem LAN werden nur dann in andere LANs weitergeleitet (über die Brücke gelassen), wenn sich der Empfänger „auf der anderen Seite“ befindet oder dort vermutet wird. Die Bridge ..... Kollisionsdomänen, verkleinert sie bei Bedarf und lässt größere Netzwerkausdehnungen zu. Die Bridge arbeitet auf OSI-Layer 2.
- Der Switch ist praktisch eine Mehrport-Bridge (transparente MAC Bridge). Die Ports haben immer elektrisch (oder optisch) getrennte Sende- und Empfangsrichtungen. Die Ports können jetzt im Vollduplex betrieben werden, was den maximalen Datendurchsatz deutlich erhöht. Werden an einzelne Ports / jeden Port nur einzelne Stationen oder andere Switche angeschlossen, so ist diese Verbindung / das Netz kollisionsfrei. Der Switch arbeitet auf OSI-Layer 2. Abweichend vom OSI-Modell hat er bereits eine Vermittlungsfunktion, was eigentlich dem OSI-Layer ..... vorbehalten ist.

## 3.5 VLAN – virtuelles LAN (1)

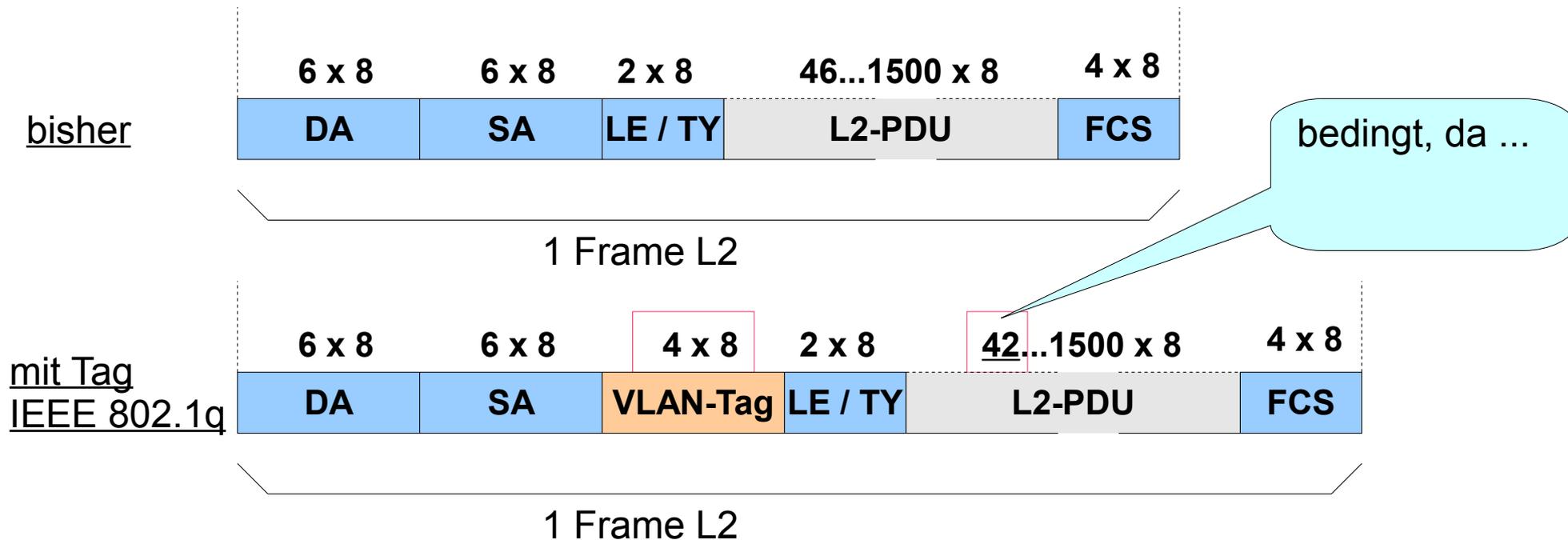
---

- Entstehen von großen LANs
- Logisch wären oft ..... LANs wünschenswert, wobei die jeweiligen Ports nicht lokal konzentriert sind. → Beispiel
- Einführen von virtuellen LANs auf der selben Hardware  
→ VLAN  
Jedes VLAN verhält sich wie ein ..... LAN → LAN-Verkehr nach geeigneten Kriterien trennen → Broadcast Domänen
- Heute wohl hauptsächlich oder nur noch von Interesse VLAN nach IEEE 802.1q
- Erweiterung des Headers nach IEEE 802.1q

(Skizze)

## 3.5 VLAN – virtuelles LAN (2)

- Erweiterung des Headers nach IEEE 802.1q:



VLAN-Tag: 2x8 - TPID – Tag Protocol Identifier – hier immer 0x8100  
 1x3 – Prio – Priorität nach IEEE 802.1p  
 1x1 - CFI – Canonical Format Indicator, hier immer 0  
 1x12 – VID – VLAN Identifier (0, 1...4094, 4095)

(Diskussion Kompatibilität)

## 3.5 VLAN – virtuelles LAN (3)

---

- Gerätekopplung, über die jeweils Verkehr mehrerer VLANs gesendet/ empfangen werden soll
  - typischerweise Switche untereinander, aber auch andere
  - „Trunk“, „Tagged Port“ (Tag nach IEEE 802.1q)
  - Zugehörigkeit zu (einem,) mehreren oder allen VLANs
  
- Gerätekopplung, über die Verkehr nur eines VLANs gesendet/ empfangen werden soll
  - typischerweise Endgerät an Switch
  - „Access Port“, „untagged Port“
  - zugehörig zu jeweils einem VLAN: statisch / dynamisch gelernt nach MAC, IP, Protokoll

(Strukturbilder)

## 3.5 VLAN – virtuelles LAN (4)

---

- Bekanntgabe von VLANs im Switch:  
(natürlich nur in VLAN-fähigen Geräten)
  - Eintrag der VLANs in jeden beteiligten Switch
  - Eintrag in einen Switch in die VLAN-Database und Weitergabe der Information mittels ..... – VTP (Cisco)
    - VTP: Betriebsarten
      - Server Modus (1...1024)
      - Client Modus (1...1024)
      - transparent (alle) – Eintrag in diesen Switch manuell (siehe Punkt oben)
- Zuordnung von VLAN zu Trunks:
  - manuell (evtl. vorsorglich alle möglichen)
  - MVRP - ..... (lt. IEEE802.1Q)

wird fortgesetzt