

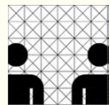
D Kommunikation & Rechnernetze

D1 Einführung und Motivation

D2 Technischer Überblick

D3 Lokale Rechnernetze

D4 Einige Gemeinsamkeiten von Betriebssystemen und Rechnernetzen: Architekturmodelle und Dienst-hierarchien



D "Kommunikation und Rechnernetze"

D3 Lokale Rechnernetze

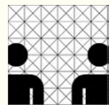
Lokales Rechnernetz (Local-Area Network, LAN):

→ wesentliche Eigenschaften (gemäß IEEE 802):

- geographische Begrenzung (ca. 10 km)
- Unterstützung der Kommunikation zwischen autonom arbeitenden Rechnern/ Knoten/ Stationen unterschiedlichsten Typs (→ „Heterogenität“ der Knoten)
- hohe Datenrate/Übertragungsgeschwindigkeit (i.a. 100 Mbit/s, ..., 10 / 100 Gbit/s)
- relativ niedrige Bitfehlerrate (i.a. $\leq 10^{-9}$)
- bitserielle Übertragung
- durch privates Unternehmen betrieben, i.a. auf zusammenhängendes Grundstück begrenzt.

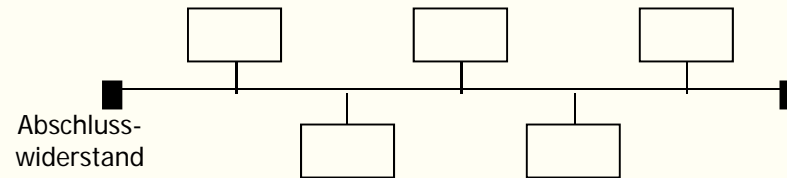
Gründe für LANs:

- Tendenz zu billigeren, leistungsfähigeren, kleineren, zahlreicheren und spezialisierteren Rechnern,
- Trend zu spezifischerer und z.T. teurer Peripherie,
- zunehmende Dezentralisierung der Dienste (Client/Server-Systeme),
- Einführung neuer Techniken wie z.B. Message Handling,
- wachsender Kommunikationsbedarf zwischen Stationen.



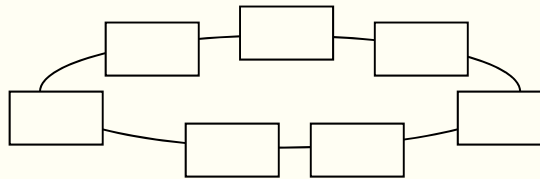
Wesentliche Topologieformen für LANs

Bus:



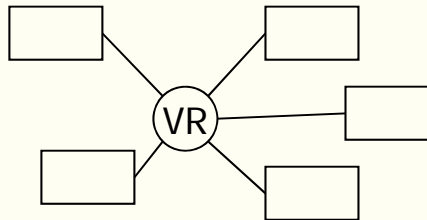
Bsp.: Ethernet

Ring:



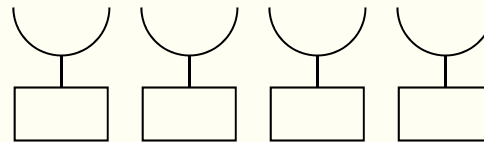
Bsp.: Token Ring

Stern:



VR: **zentraler Vermittlungsrechner** („Switch“, Nebenstellenanlage, etc.)

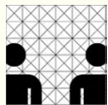
"Broadcast"-System:



Bsp.: **Drahtlose LANs**
("wireless LANs", kurz: WLANs)

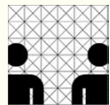
Bemerkung:

- wichtige Anforderungen an Topologie: kostengünstige Netzadapter realisierbar, einfache Wegeermittlung (Routing), typische UM der LANs nutzbar
- **logische** versus **physikal. Topologie** zu unterscheiden (z.B. log. Ring auf physikal. Bus; logischer Stern als physikalischer Bus sofern VR = "Hub" bei Stern)



Typische Übertragungsmedien in LANs

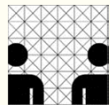
- **Anforderungen** an ÜM:
 - relativ hohe Datenraten (einfacher als bei MANs / WANs, da relativ geringe Entfernungen zwischen Stationen)
 - relativ geringe Bitfehlerraten
 - möglichst Nutzung existierender Verkabelung
 - ggf. Unterstützung mobiler Endsysteme
- **Beispiele typischer ÜM** für LANs:
 - **verdrillte Drähte**
 - **Koax(ial)kabel**
 - **Lichtwellenleiter** (z.B. in Hochgeschwindigkeits-LANs)
 - **Infrarotsysteme** (z.B. für Maus-, Druckeranschluss)
 - **Rundfunksysteme** (z.B. in „Wireless LANs“)
 - **Richtfunkstrecken** (z.B. Laserverbindung zwischen Gebäuden)
- **Rechnerinterne DÜ** versus **DÜ in LANs**:
 - **rechnerintern** :
bitparallel, Kommunikationspartner nicht autonome Rechensysteme, zumeist zentralisierte Zugriffskontrolle auf gemeinsames Übertragungsmedium (z.B. Systembus), Bitfehler äußerst selten, häufig asymmetr. Kommunikationsbeziehungen („Master-Slave“)
 - **in LANs** :
bitseriell, zumeist gleichberechtigte Zugriffskontrolle auf gemeinsames ÜM, Bitfehler selten, gleichberechtigte Kommunikationspartner („Peer-to-Peer“)



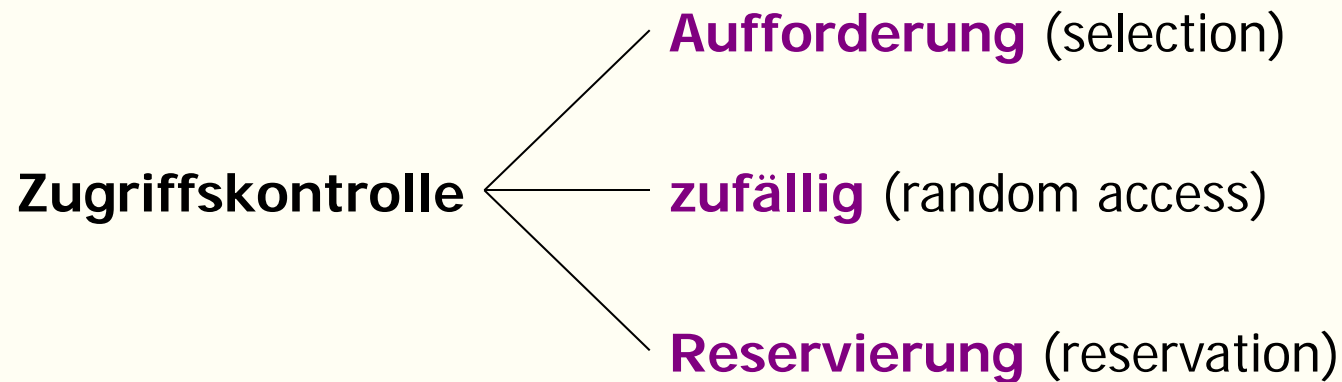
Zugriffskontrollmechanismen

- **Anforderungen:**

- möglichst einfach (u.a. Wunsch nach preisgünstigen Netz-adaptoren)
- fair
- kein separates Kommunikationssystem zur Reservierung von Kommunikationsressourcen (insbesondere gemeinsames ÜM)
- möglichst geringer „Overhead“ für Realisierung der Zugriffskontrolle
- hohe Auslastbarkeit des ÜM
- schneller Zugriff bei sehr gering belastetem ÜM
- neuerdings: Echtzeitfähigkeit der Datenübertragungsdienste (Quality-of-Service / QoS –Zusicherungen)

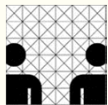


Klassifikation der Zugriffskontrollmechanismen für Ringnetze sowie Bus-/Broadcastsysteme



Bemerkung:

- Aufforderungsverfahren mit **zentraler** vs. **dezentraler** Kontrolle
- Reservierungsverfahren: **statische** vs. **dynamische** Reservierung
- Kombinationen möglich, z.B. zufällige Zugriffe bei leerem Netz und dann Reservierung nach Kollisionen von Zugriffsversuchen



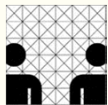
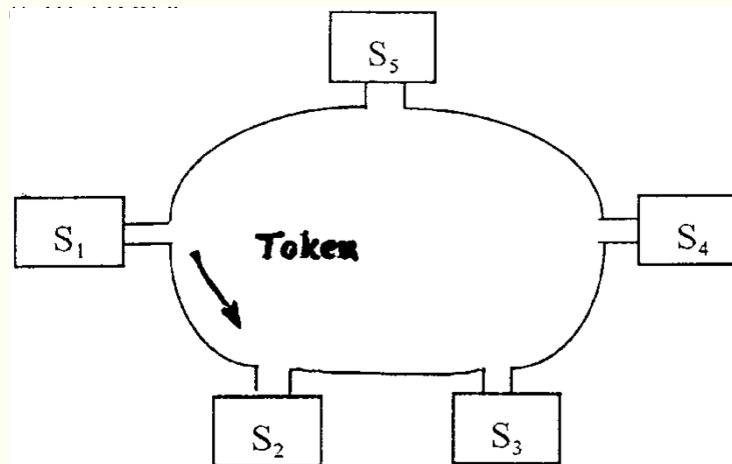
Beispiel I: *Token Ring* als Verfahren mit zirkulierender Kontrollmarke

Token : zirkulierende Kontrollmarke (\equiv spez. Dateneinheit zur Weitergabe der Zugriffsberechtigung zwischen Stationen)

Zu jedem Zeitpunkt gilt:

- Token unterwegs (auf Ring-Abschnitt) *ODER*
- genau 1 Station S_i im Besitz des Tokens (dann S_i sendeberechtigt, sofern Momentanpriorität von S_i Tokennutzung gestattet)

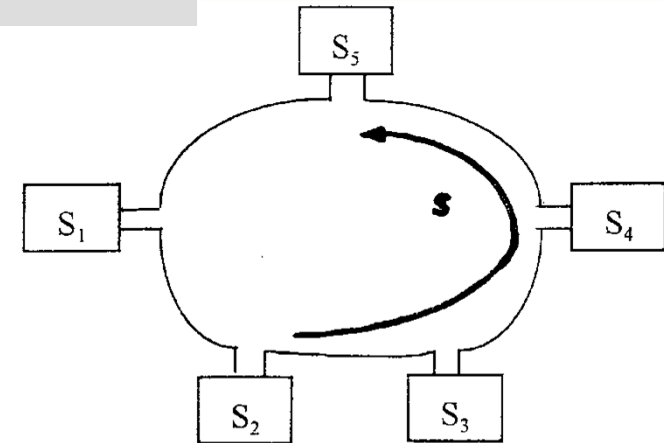
t₀: Tokenweitergabe (\rightarrow *unidirektionale* Signal-/ Datenübertragung) :



Beispiel I: *Token Ring* (Forts.)

t_1 : S_2 sendewillig (sendet Dateneinheit d mittels Übertragung des Signals s):

<http://www.nt.fh-koeln.de/vogt/mm/tokenring/tokenring.html>



t_2 : Zeitpunkt der erneuten Tokenweitergabe:

a) "**wait-my-adress**" (WMA-Modus): → vgl. *"Standard" Token Ring*

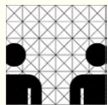
S_2 empfängt d (bzw. s) nach vollständiger Ringumrundung → zumindest "Header" (mit Kontrollinfo) zu empfangen; erst dann Tokenweitergabe (Priorität für Tokennutzung evtl. erhöht zur Unterstützung von Echtzeitkommunikation, wie bei Sprach-, Audio-, Videoübertragung)

b) "**early token release**": → vgl. *FDDI-Standard*

Token wird direkt an d (bzw. s) angehängt

Vorteil: höhere Effizienz (insbesondere höherer Durchsatz, kleinere Wartezeit)

Nachteil: Unterstützung von Echtzeitkommunikation problematisch; gleichwohl gilt: *Token Holding Time* (THT) kann bei limitierter Anzahl von Stationen und begrenzter Ringlänge die Tokenumlaufzeit begrenzen; Zeit für Senden \leq THT.



Beispiel II: *CSMA/CD* („Ethernet“) als Verfahren mit zufälligem Zugriff

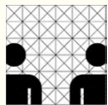
CSMA/CD : Carrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess/**C**ollision **D**etection

Prinzip :

- Stationen hören ÜM ab → Feststellen von Belegungszustand $\in \{\text{belegt, unbelegt}\}$
- sendewillige Station greift zu, sofern ÜM als frei betrachtet wird → *Kollision* möglich bei nahezu gleichzeitigem Zugriff (wegen Signallaufzeit auf Bus)
- nach Feststellen von Kollision: absichtliche Störung anderer Sender (*"Jam"-Signal*) für kurze Zeit
- freiwilliges Warten zufällig gezogener Wartezeit τ_w (im Mittel längeres Warten bei erhöhter Kollisionsrate) → *"exponential back-off"* , d.h.

$$\tau_w \in [0, T], [0, 2 \bullet T], [0, 4 \bullet T], [0, 8 \bullet T], [0, 16 \bullet T], \dots [0, 2^k \bullet T], \dots$$

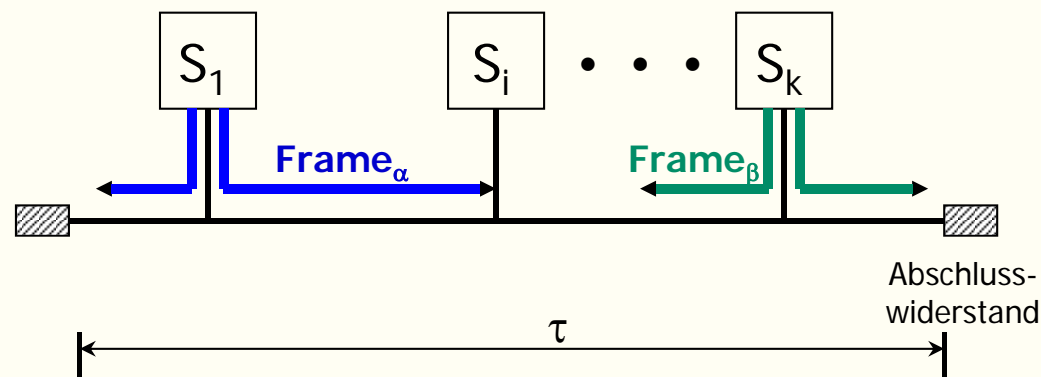
(mit $T = \text{const.}, T > 0$), und somit verdoppelt sich die mittlere Wartezeit jeweils bei wiederholten Kollisionen (Grund für *"exponential back-off"*: Stabilitätsprobleme bei hoher Last)



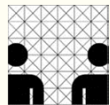
Beispiel II: *CSMA/CD* (Forts.)

Realisierung:

- Mitte 70'er Jahre : Xerox PARC (**P**alo **A**lto **R**esearch **C**enter)
- ca. 1980 : DIX-Group gegründet (**D**EC, **I**ntel, **X**erox)
- später : IEEE 802-Standard (speziell 802.3) → Ethernet

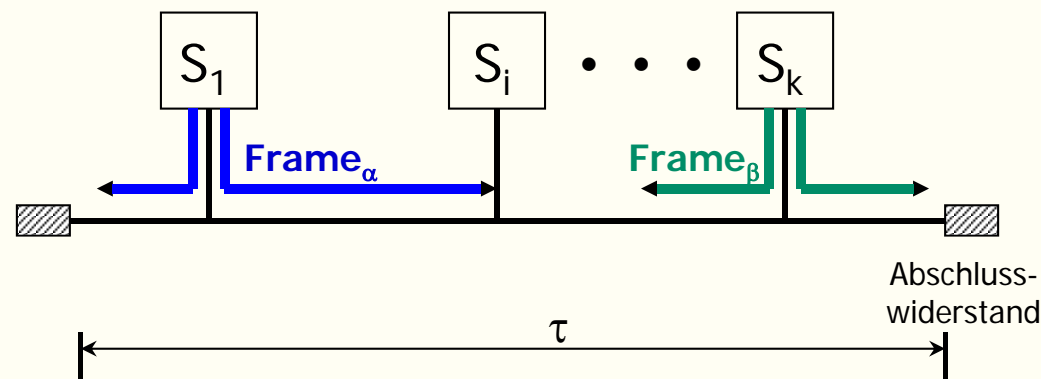


- Wann Kollision bemerkt ?
- Wie lang muss man mindestens senden, um Kollisionen garantiert zu bemerken (während man noch sendet) ? [Sei $\tau \equiv$ Signallaufzeit von einem Bus-Ende zum anderen] Reicht τ oder erst 2τ ?
- Weshalb ist Abschlusswiderstand nicht verzichtbar ?



CSMA/CD (Forts.): Einige Verständnisfragen

Zur Kollisionserkennung – nochmalige Illustration eines sich überlagernden Sendevorgangs :

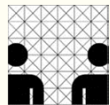


Evtl. nützlicher Hinweis:

$$L/v_D > 2 \cdot d_{max} / c$$

- Wie lange dauert das Absenden eines Frames der Länge L bei einer Datenrate v_D ?
- Weshalb ist eine minimale Framegröße L_{min} notwendig?
- Wovon hängt die Ende-zu-Ende Signallaufzeit τ ab? Wie berechnet sie sich konkret?
- Was passiert, wenn der Abstand d_{max} zwischen den entferntesten Stationen (S_1 , S_k in obiger Abb.) sich um den Faktor x vergrößert? Implikation für Datenrate v_D bzw. für L_{min} ?
- Was passiert, wenn die benutzte Datenrate sich um den Faktor x vergrößert? Implikation für L_{min} bzw. für d_{max} ?

Nota bene: Wir müssen Kollisionen bei allen beteiligten Sendern immer erkennen!

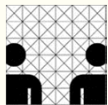
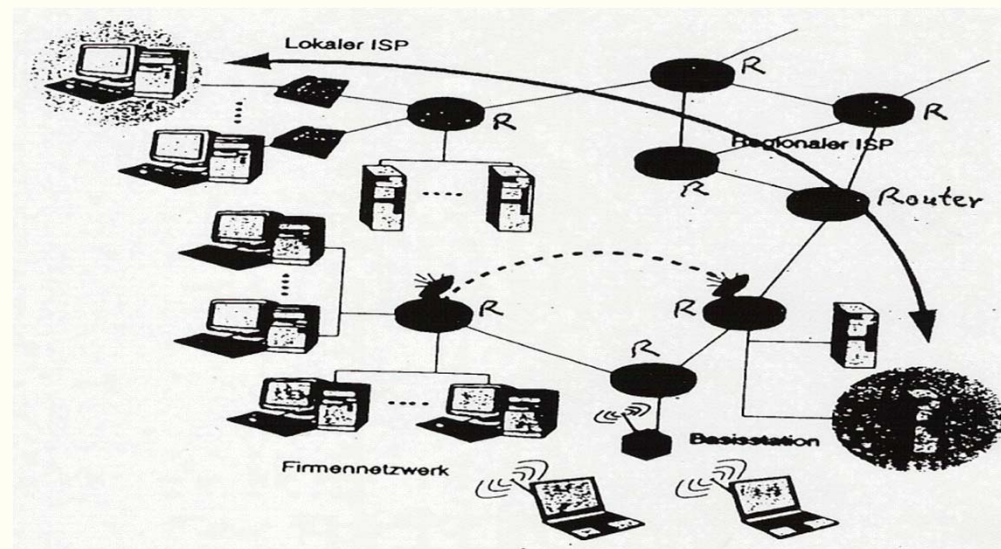
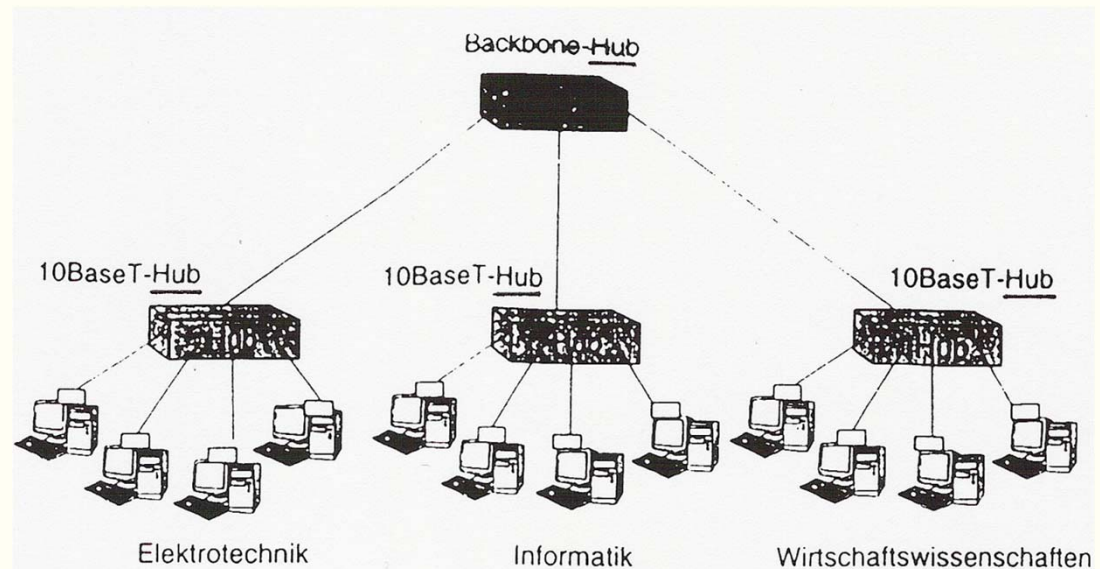


Hub versus Router

- Über **Hub** verbundene Ethernet-LANs (L1):

weiterhin nur 1 gemeinsam genutztes Ethernet-Segment

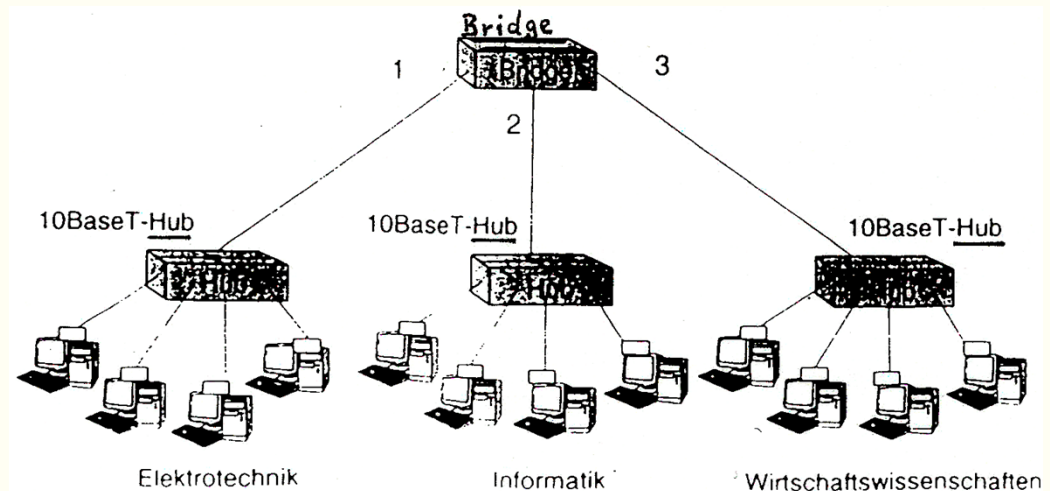
- Kopplung von LANs über **IP-Router** (L3):
Interkonnektion auf Vermittlungsschicht



Bridge versus Switch

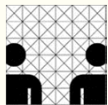
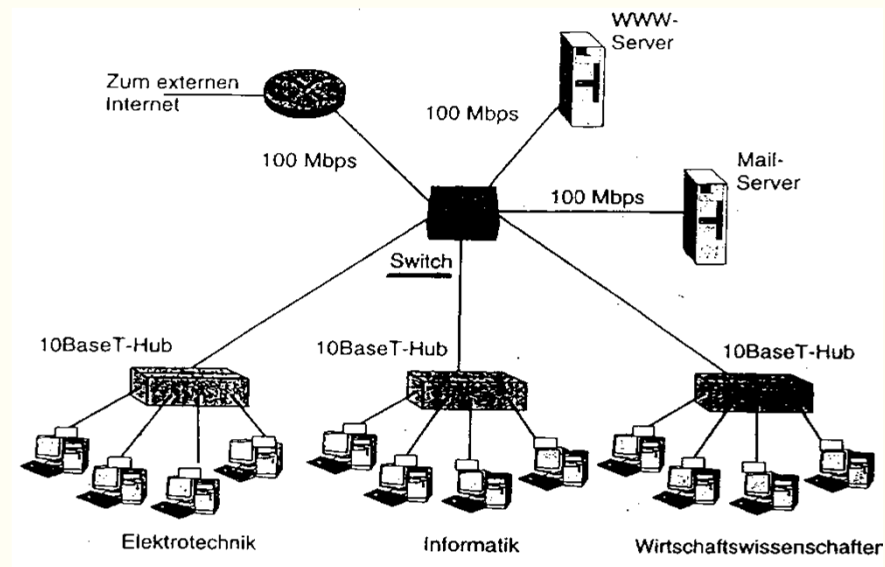
- Über **BRIDGE** verbundene Ethernet-LANs (L1):

Zwischenspeicherung und Filterung von Ü-Blöcken in Bridge



- Über **SWITCH** verbundene Ethernet-LANs (L2):

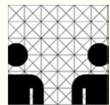
Switch realisiert Vermittlungsfunktion, jedoch kein Routing



(Grob-)Vergleich zwischen Hub, Bridge, Switch, Router

Merkmal	Hubs	Bridges	Router	Ethernet-Switches
<i>Verkehrsisolierung</i>	Nein	Ja	Ja	Ja
<i>Plug-and-Play</i>	Ja	Ja	Nein	Ja
<i>Optimales Routing</i>	Nein	Nein	Ja	Nein
<i>Cut-Through</i>	Ja	Nein	Nein	Ja

zu Details vgl. Kurose/Ross "Computernetze", Addison-Wesley 2002



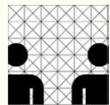
Token Ring versus Ethernet

- **Token Ring:** für lange Zeit gemeinsam mit Ethernet wichtigste Realisierungsvariante für LANs (starke Unterstützung seitens IBM);
- Während der letzten Dekade dann „Konvergenz“ in Richtung **Ethernet-basierter LANs** (neben **WLANs**) ; Token Ring dennoch weiterhin wichtigster Typ bei Ringnetzen im LAN-Bereich

Nota bene: Nutzung einer „zirkulierenden Kontrollmarke“ grundsätzlich relevantes Zugriffskontroll- und Synchronisationsprinzip in Informatiksystemen (z.B. auch bei verteilter Datenhaltung)

Gründe für den Siegeszug des Ethernet:

- Einfachere Lösung („small / simple is beautiful“), z.B. einfachere Zugriffskontrolltechnik → früh sehr preiswerte Netzadapter für Ethernet verfügbar ! ... and: „The Winner takes it all !!!“
- Sehr schnelle Erhöhung der verfügbaren Datenrate : 10 Mb/s → 100 Mb/s (Fast Ethernet) → 1 Gb/s → 10 Gb/s → 100 Gb/s → ... (?)

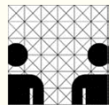


Intranets

Def. *Intranet*:

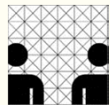
Unternehmensnetz auf Basis der (standardisierten) Internet-Technologie.

- **Wesentliche *Charakteristika von Intranets*:**
 - auf TCP/IP basierend mit typischen anwendungsorientierten Diensten des Internet (Details zu IP und TCP)
 - nur 1 Unternehmen als Netzbetreiber fungierend
 - häufig LAN (aber nicht notwendigerweise)
 - evtl. Übergang in das globale Internet
- ***Gründe für Tendenz zu Intranets*:**
 - stetig wachsende Bedeutung des Internet
 - Internet-Technologien (insbesondere auch die Internet-Protokolle und Dienste) durch zahlreiche Hersteller unterstützt
 - große Akzeptanz für Internet-spezifische anwendungsorientierte Dienste, wie E-Mail, WWW ("world wide web"/ "world wide wait ?!"), FTP,...
 - Wunsch nach Öffnung des Unternehmensnetzes für Kommunikation in das / aus dem Internet
 - einheitliche Plattform für internes und externes Netz

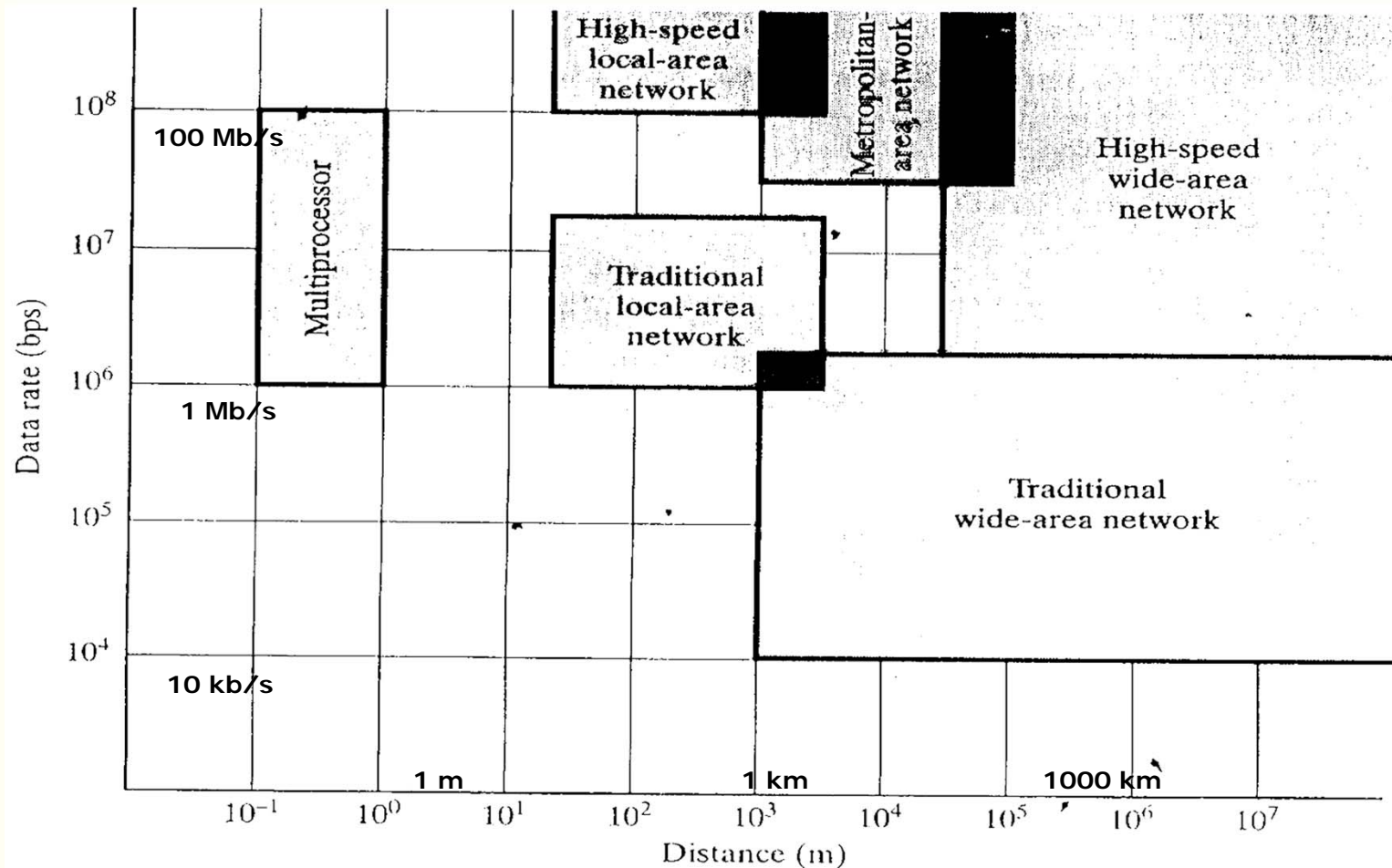


Intranets : Erwartungen und typische Probleme

- **Allgemeine Erwartungen** an Intranets:
 - in Intranet können Internet-Dienste aufwandsarm genutzt werden
 - unternehmensinterne Kommunikation ist „kompatibel“ mit weltweiter Kommunikation
 - Offenheit der eigenen Netzinfrastruktur, vereinfachte Nutzung und Wartung sowie gemeinsames Know-how für Intra- und Internet
 - gut erprobte Lösungen für die Kommunikation können genutzt werden
 - Lösungen durch Mio. Benutzer und weltweit erprobt
- **Typische Probleme** bei den TCP/IP-basierenden Kommunikationsinfrastrukturen für Intranets (und Internet):
 - IP (version 4) stößt gegenwärtig an Grenzen, u.a. Adressenengpass (-> IP v6), unzureichende Unterstützung von Mobilkommunikation
 - nur "best effort" -Dienste in Internet, d.h. keine Dienstgüte- (QoS- / Quality-of-Service-) Garantien
 - Netzsicherheit problematisch
 - "Firewalls", Datenverschlüsselung, "Closed Intranet"



Vergleich: Multiprozessorsysteme, LANs, MANs und WANs



*Datenraten und Knotenentfernungen in
Multiprozessorsystemen, LANs, MANs und WANs*

Grundlagen der Systemsoftware (GSS) – SoSe 2016

D3-18

