

2. Rechnernetze

2.1 Netze und Dienste auf Netzen

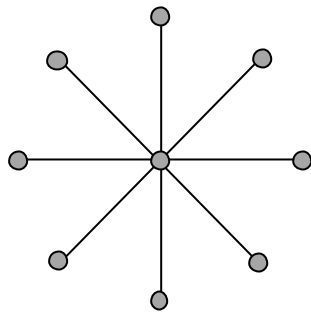
□ (Physische) Netze

- Fernsprechnet
- Integriertes Datennetz (IDN)
- Kabelfernsehnetz
- Standleitungen
- ...

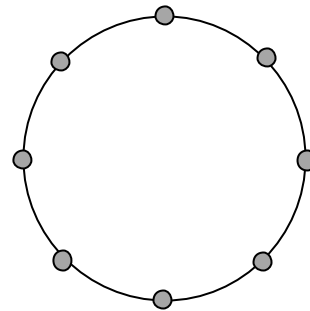
□ Dienste auf Netzen

- Telefon
- Telefax
- Datex-P, Datex-L
- Bildschirmtext
- Kabelfernsehen
- ISDN
- ...

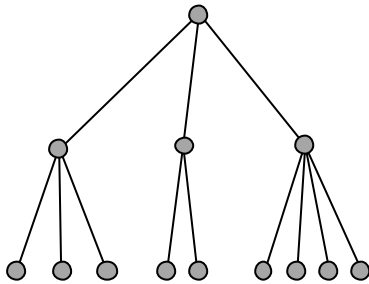
2.2 Netz-Topologien



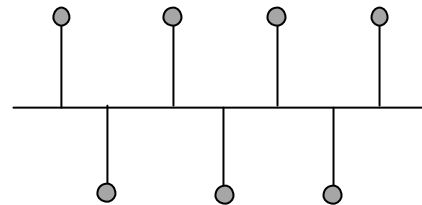
Stern



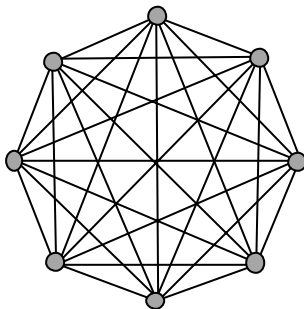
Ring



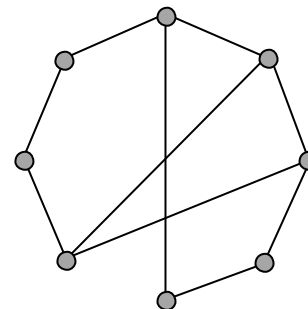
Baum



Bus



**vollständig
vermaschtes
Netz**



**teilweise
vermaschtes
Netz**

Abb. 2-1: Netz-Topologien

2.3 Lokale Netze

2.3.1 Medium Access Control (MAC) - Allgemein

□ Problemstellung:

- Physikalisches Medium verbindet viele unabhängige Stationen (Rechner) mit einander
- Stationen können gleichzeitig Sendewünsche haben
- Folge: Zugriffskonflikte / Kollisionen

□ Lösungsalternativen:

○ Kollisionserkennung

- Infolge gleichzeitigen Sendens können Kollisionen auftreten
- Bei Auftreten von Kollisionen muß die fehlerhafte Übertragung wiederholt werden

 **CSMA/CD**

○ Kollisionsvermeidung

- Kollisionen werden durch entsprechendes Zugangsprotokoll verhindert
- Eine zirkulierende Berechtigungsmarke (Token) gibt das Senderecht jeweils genau einer Station ¹

 **Token Ring, Token Bus**

¹ Nur der jeweilige "Besitzer" des Tokens darf senden

2.3.2 CSMA/CD ²

= **Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection**

- Typisch für alle CSMA-Verfahren: Sendewillige Station "hört" das Medium ab, um festzustellen, ob die "Leitung" frei ist
- Sendet gerade eine andere Station, so wird gewartet
- Sendet gerade niemand, wird selbst gesendet und wie bei einer "Hinterbandkontrolle" mitgehört (gilt nur für CSMA/CD)
- Testen sendewillige Stationen gleichzeitig, so kann es zu gleichzeitigem Senden kommen
- Wird bei der "Hinterbandkontrolle" eine Kollision entdeckt (Verstümmelung der Nachricht), wird
 - die Übertragung abgebrochen
 - ein Random-Zeitintervall gewartet
 - die Übertragung des beschädigten Datenpaketes wiederholt

² MAC-Verfahren für Ethernet sowie den Normen IEEE 802.3 bzw. ISO 8802-3

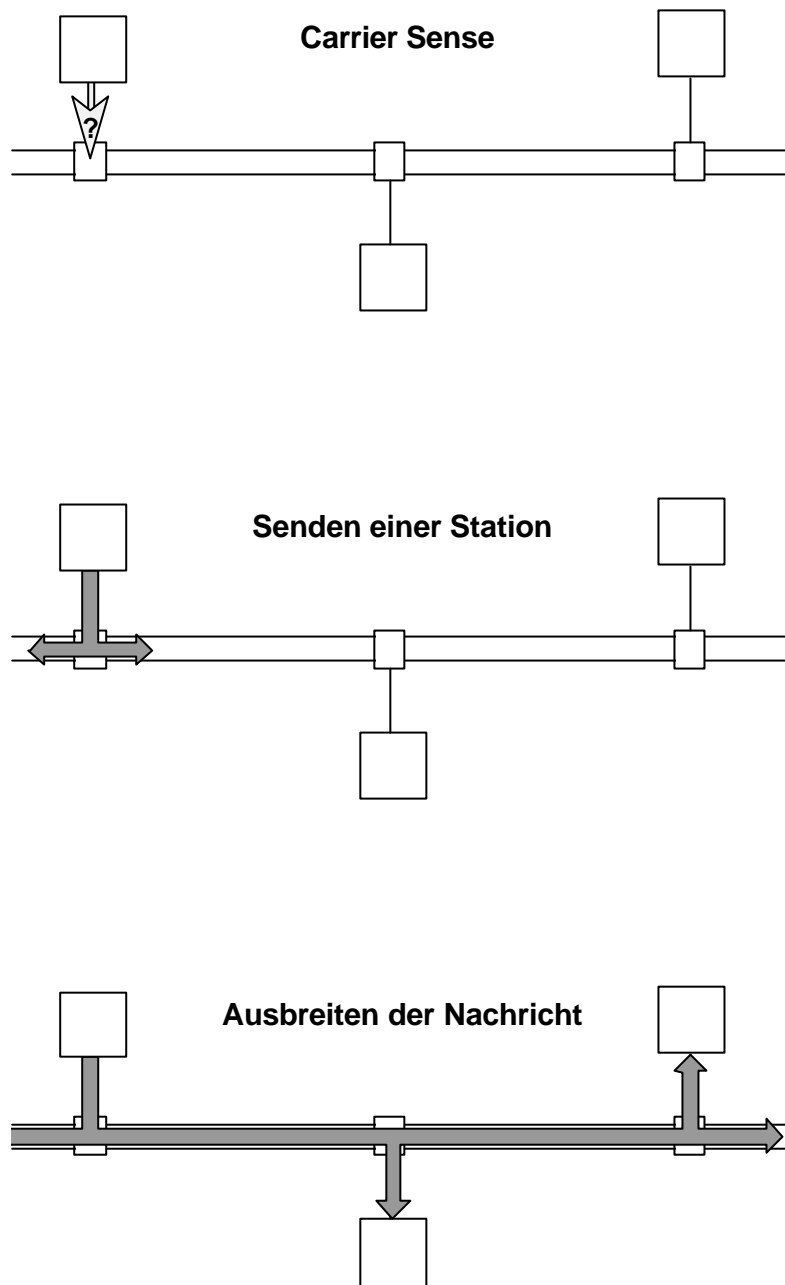


Abb. 2-2: Beispiel für eine kollisionsfreie Übertragung

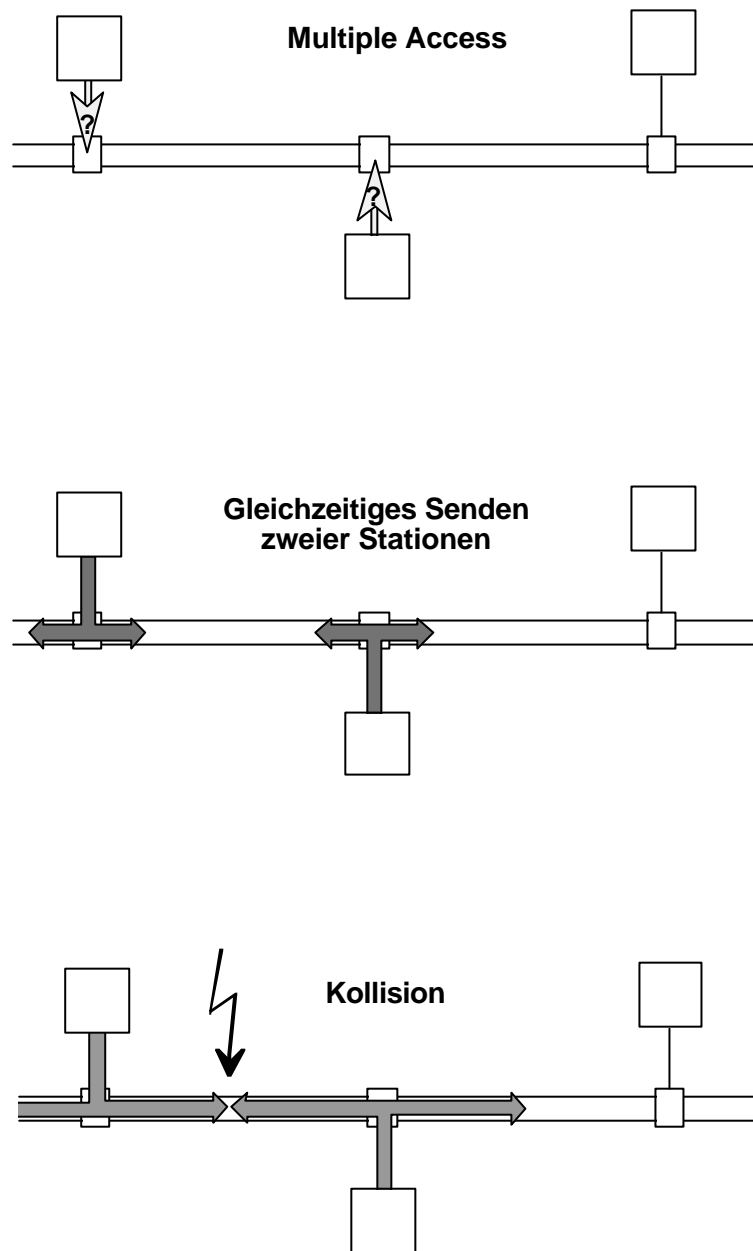


Abb. 2-3: Beispiel für das Auftreten einer Kollision

□ **Bewertung:**

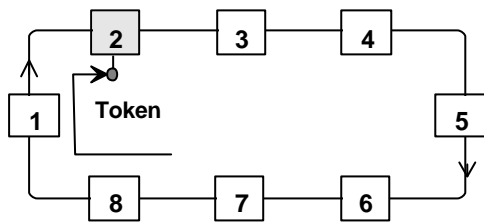
- ⊕ Weit verbreitetes Verfahren
- ⊕ Einfach zu realisieren, daher kostengünstig
- ⊕ Bei wenigen Stationen sehr effizient
- ⊖ Keine garantierten Antwortzeiten
- ⊖ Daher nicht realzeitfähig
- ⊖ Netz nur bis zu einem relativ geringen Teil der Nenndatenrate ³ auslastbar ⁴

³ Bei Ethernet i.d.R. 10 MBit/s

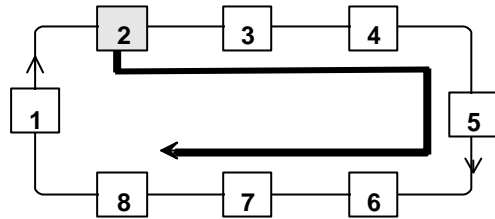
⁴ Als Daumenregel wird oft empfohlen, das Netz nur bis ca. max. 36% der Nenndatenrate zu belasten

2.3.3 Token Passing Verfahren

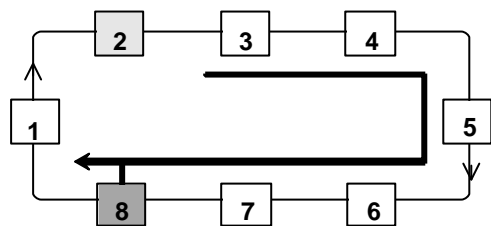
- Ein zirkulierendes Zeichen (Token) regelt den Netzzugang
- Nur wer gerade im Besitz des Tokens ist, darf senden (⇒ Token wechselt von Zustand "frei" in Zustand "belegt")
- Token + Daten werden von Station zu Station "aktiv" weitergereicht
- Hierdurch konstante Verzögerung (1 Bit Delay) pro angeschlossener Station (d.h. je mehr Stationen, desto langsamer wird das Verfahren)
- Empfänger kopiert Nachricht (und setzt i.d.R. Bestätigungsbit im Frame-Header)
- Absender nimmt Nachricht vom Ring und sendet ein "Frei-Token"
- Jede Station sendet jeweils max. einen Nachrichten-Container (**Frame**) und gibt dann das Token weiter



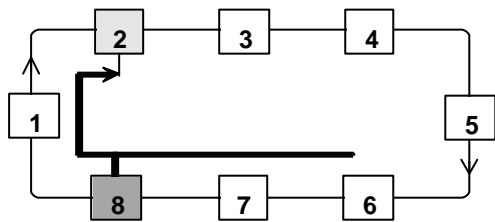
1. Station 2 erhält das Token



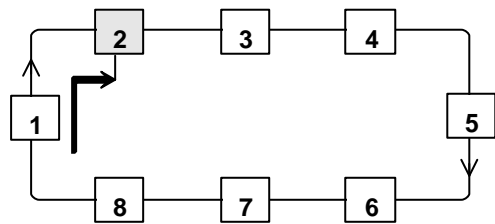
2. Station 2 sendet seine Nachricht
(Adressat sei Station 8)



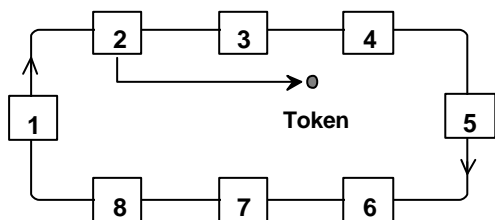
3. Station 8 kopiert die Nachricht



4. Station 2 entfernt die Nachricht
während Station 8 (den Rest) noch kopiert



5. Station 8 beendet das Kopieren



6. Station 2 erzeugt ein neues (Frei-)Token

Abb. 2-4: Prinzip des Token Passing (Beispiel) ⁵

⁵ In Anlehnung an H. Kerner: Rechnernetze nach OSI, Addison-Wesley, 1992, S. 409

□ **Token Ring**⁶

- Verwendet Token Passing-Verfahren als MAC
- Physischer Ring
- Bei "Ausstecken" von Stationen aus dem Ring, Kurzschließen des Rings durch ein Relais
- Bei Verlust des Tokens: **Token Recovery**

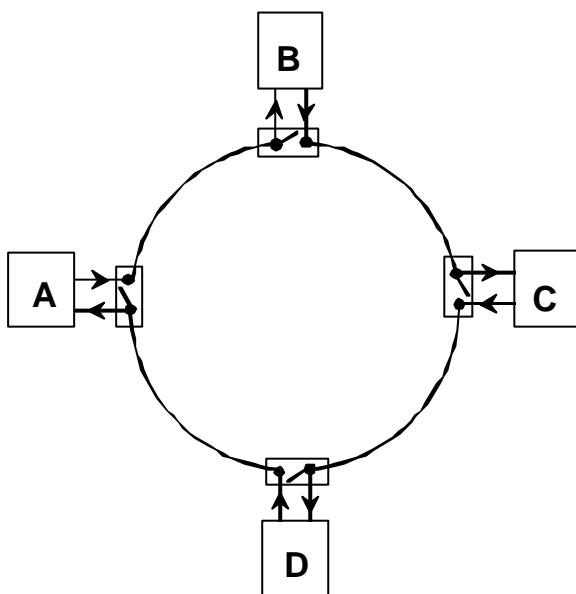


Abb. 2-5: Token Ring

- **Bewertung:**
 - ⊕ Fairer Zugang zum Netz
 - ⊕ Prioritätenschema möglich
 - ⊕ Garantierter Zugang (\Rightarrow realzeitfähig)
 - ⊖ Technisch relativ aufwendig
 - ⊖ Dadurch teurere Komponenten im Vergleich zu Ethernet

⁶ Standardisiert in IEEE 802.5, ISO 8802/5

□ Token Bus ⁷

- Physisches Medium Bus
- Verwendet ebenfalls Token Passing als MAC
- Aufprägung einer logischen Ringstruktur
- "Aktive" Komponenten (Sender + Empfänger) und "passive" Komponenten (nur Empfänger) möglich
- Haupteinsatzgebiet: Fertigungsbereich

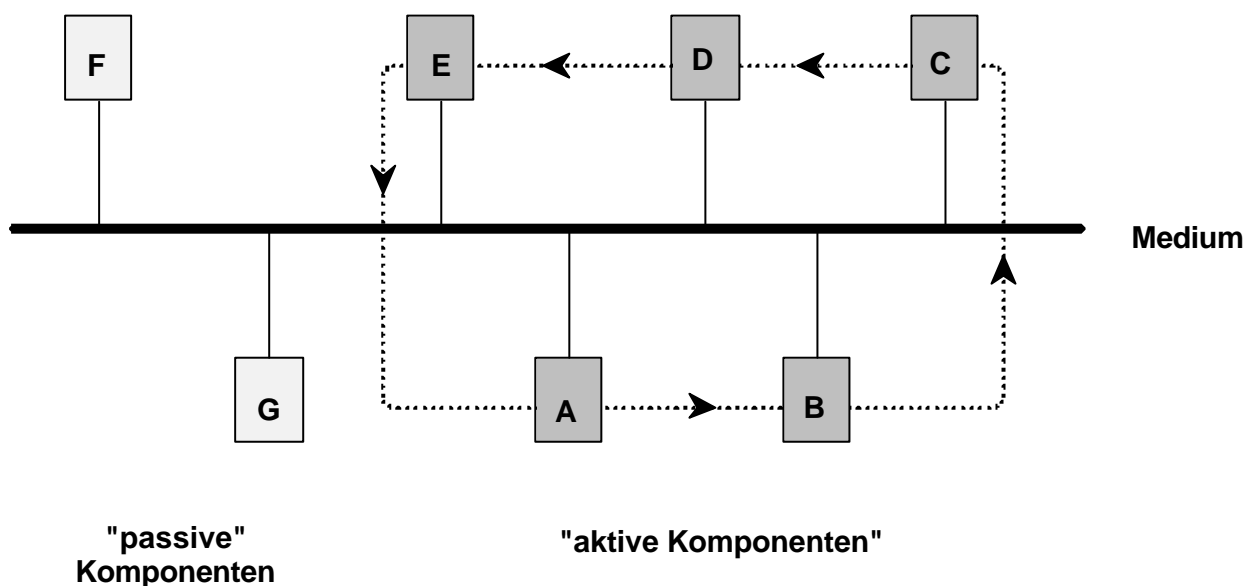


Abb. 2-6: Token Bus

⁷ Standardisiert in IEEE 802.4, ISO 8802/4

2.3.4 Leistungsverhalten ⁸

- Vergleich von CSMA/CD, Token Ring und Token Bus
- Vergleichsmaß: Erreichter Anteil an nomineller Bitrate (⇒ "normalisierter Durchsatz")
- Ausgangswerte:
 - Datenrate = 10 MBit/s
 - Kabellänge = 2,5 km
 - Anzahl Stationen = 100

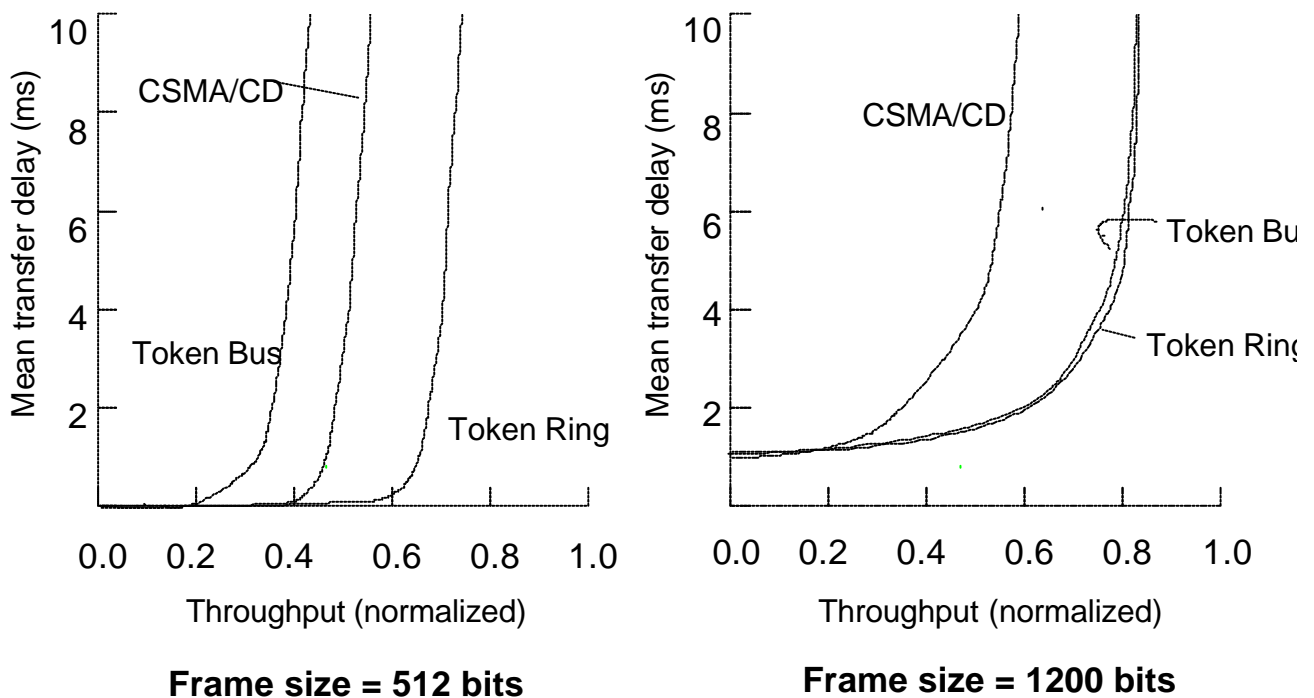


Abb. 2-7: Performance-Vergleich

⁸ Entnommen aus F. Halsall: Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley, 1992, pp. 301-303

2.3.5 Early Token Release


- Normales Token Passing:
 - Token umläuft Ring vollständig
 - Bei langsamen Netzen: Frame-Länge \gg Ringbitzahl ⁹
 - In diesem Fall, normales Token Passing gut geeignet
 - Schlechte Auslastung der Übertragungskapazität, falls Framelänge \ll Ringbitzahl ¹⁰

- Lösung: Early Token Release
 - Frei-Token wird direkt an die Nachricht angehängt
 - Nächste Nachricht wird damit ggf. an diese Nachricht angehängt
 - Dies kann solange wiederholt werden, bis der Ring "voll" ist

⁹ = Anzahl Bits, die bei der gegebenen Übertragungsgeschwindigkeit auf dem Ring "Platz" haben

¹⁰ Dies wäre i.d.R. gegeben bei Hochgeschwindigkeitsnetzen

□ Hochgeschwindigkeitsnetze

- Glasfaserkabel als physikalisches Medium
- Datenrate ≥ 100 MBit/s
- Hauptanwendung: Backbone für LANs
- Integration von Daten, Audio, Video
- Wichtige Standards:
 - **FDDI** (Fiber Distributed Data Interface) 
 - **DQDB** (Distributed Queue Dual Bus)
 - **B-ISDN** (Broadband ISDN) auf Basis ATM

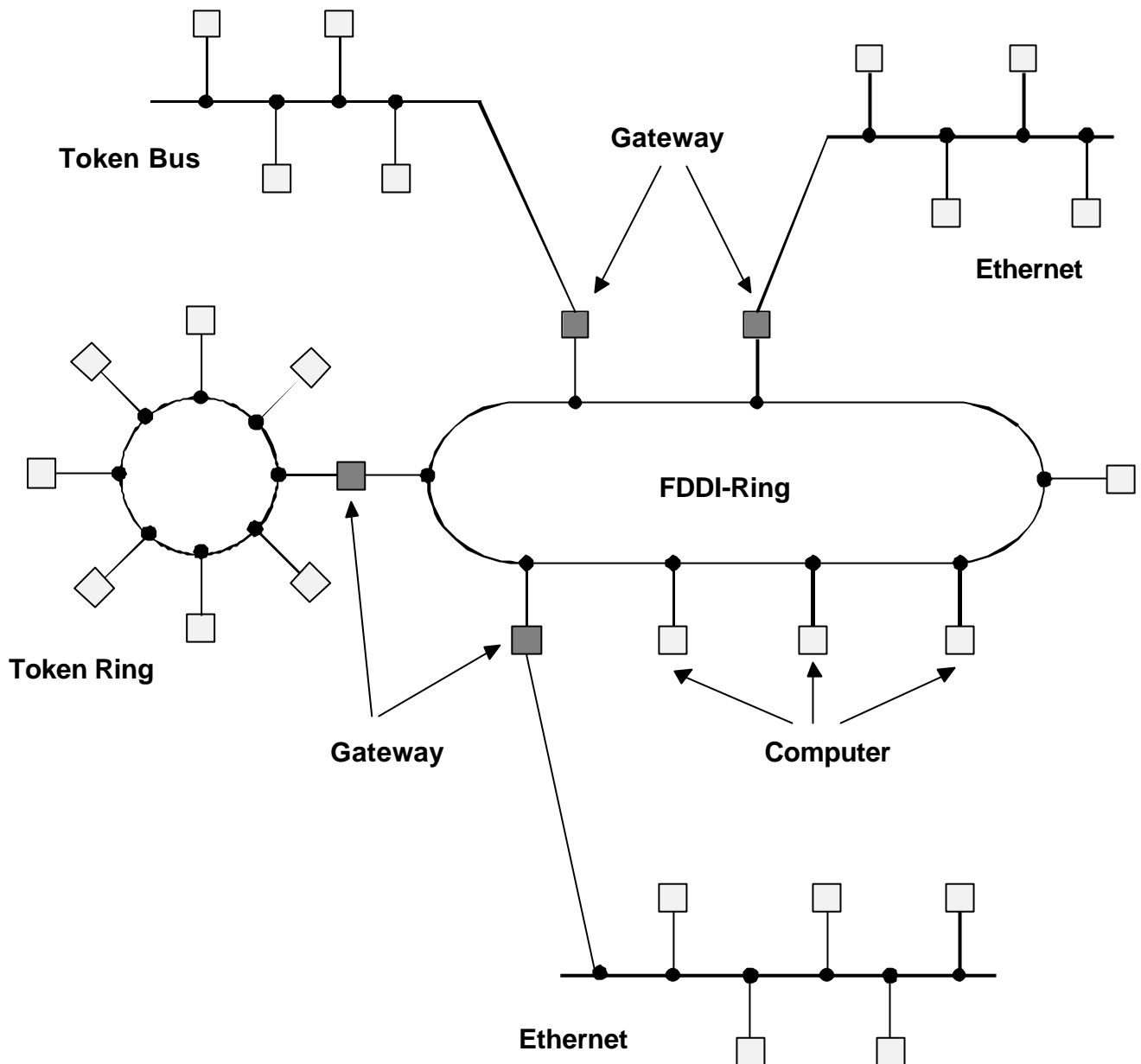


Abb. 2-8: FDDI-Ring als LAN + Backbone für andere LANs ¹¹

¹¹ In Anlehnung an A.S. Tanenbaum: Computer Networks, Prentice-Hall, 1989, p.166

□ **FDDI**

- Hochgeschwindigkeitsnetz (100 MBit/s)
- Verwendet Variante des Early Token Release als MAC
- Verschiedene Stationstypen
 - Dual Attachment Stations (DAS)
 - Single Attachment Stations (SAS)
- Doppelte Auslegung des Rings für Fehlertoleranz mittels DAS-Stationen
 - ⇒ bei Leitungsunterbrechung umschalten auf "Reservestrang"

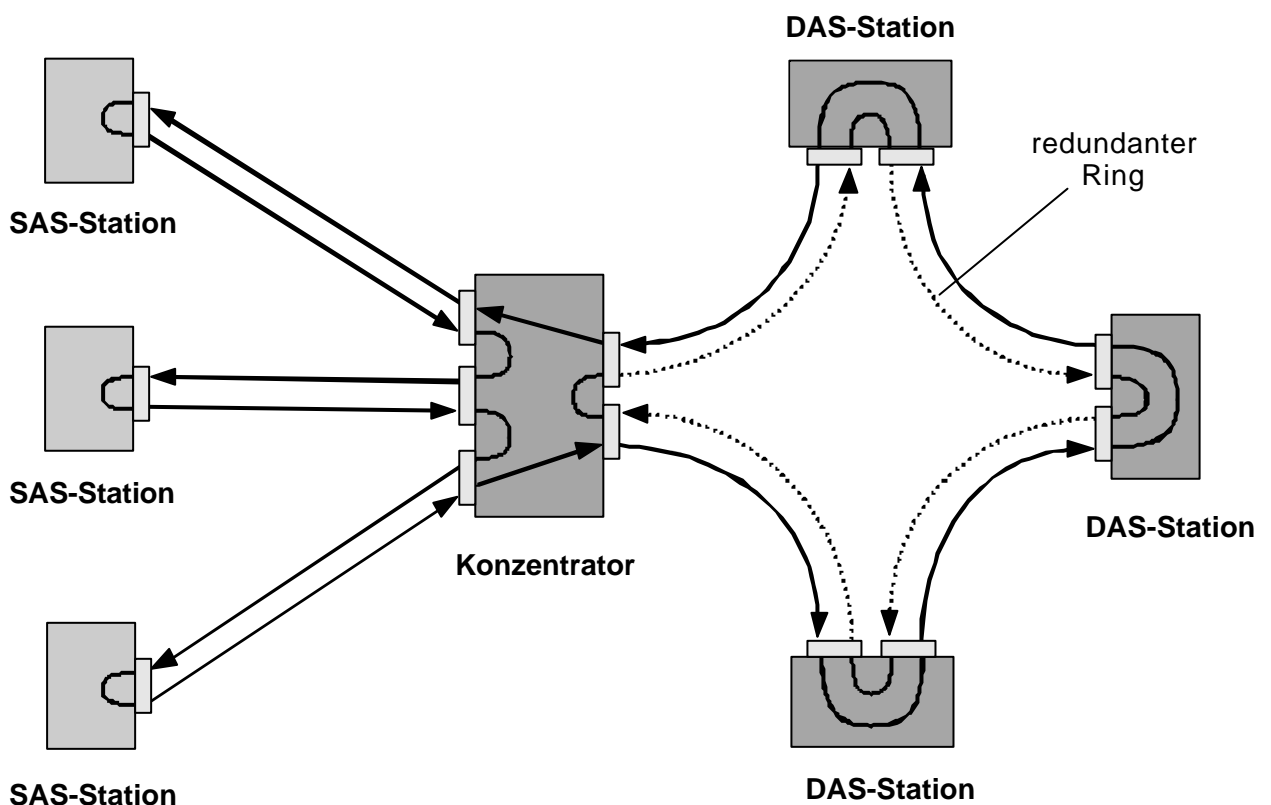


Abb. 2-9: FDDI-Ring

2.4 Weitverkehrsnetze

□ Leitungsarten

- Telex: 50 Bit/s
- Datex-L mit elektronischer Vermittlung: 300 Bit/s - 9.600 Bit/s
- Fernsprechkanal 2.400, 4.800, 9.600 Bit/s
- Breitbandkanal 48.000 Bit/s - 2 MBit/s
- Datex-P mit Paketvermittlung
- ISDN: u.a. 2 B-Kanäle mit je 64 KBit/s
- B-ISDN (zukünftig) ⇒ **Metropolitan Area Network (MAN)**

□ Im Prinzip stets die Wahl zwischen

- fest geschalteten Leitungen
- Wählleitungen

□ B-ISDN

- Übertragungsrate > 100 MBit/s
- Lange Zeit zwei konkurrierende Verfahren:
 - STM
 - ATM

- **STM: Synchronous Time Division Multiplexing**
 - feste Zuordnung je eines Zeitschlitzes zu einem Kanal (⇒ isochrone Übertragung)
 - Vermittlung durch "Umsortierung" (⇒ Verzögerung)
 - Übertragung "leerer" Slots wenn keine Datenübertragung von/zum Teilnehmer

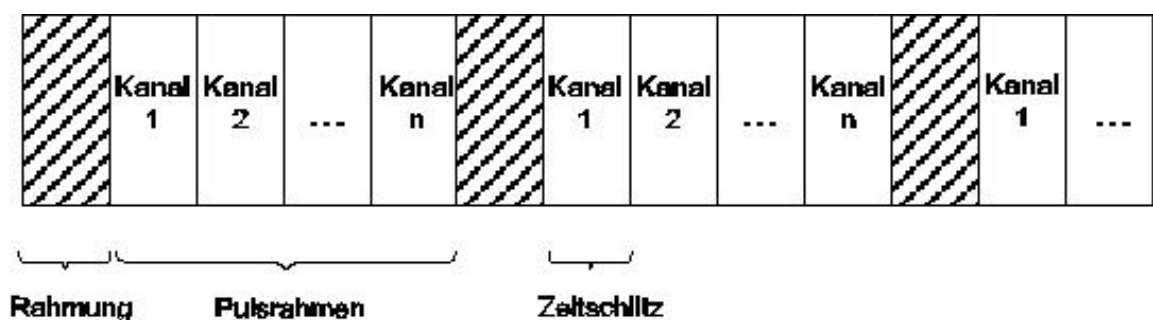


Abb. 2-10: Nachrichtenübertragung bei STM

- **ATM: Asynchronous Time Division Multiplexing**
 - Dynamische Zuordnung von Kanälen zu Zeitschlitz (je nach Nachrichtenaufkommen)
 - variabel lange Datenströme durch Verteilung auf mehrere Zeitschlitz
 - Vermittlungsstelle (Switch) komplizierter (⇒ Pufferung)
 - ATM wird Übertragungstechnik für B-ISDN !

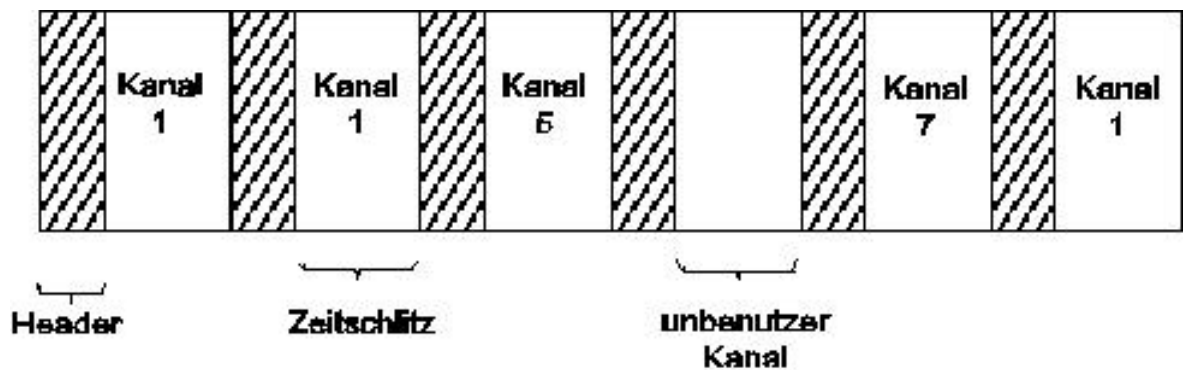


Abb. 2-11: Nachrichtenübertragung bei ATM

2.5 Wegwahl (Routing)

- Im allg. verschiedene Wege vom Sender zum Empfänger
- Knoten führen Wegewahl-Tabellen (routing tables)
- Aufbau/Aktualisierung der Wegewahl-Tabellen:
 - **statisch**
 - Vorab-Berechnung
 - reagiert nicht auf aktuelle Netzlast
 - z.T. mit "Second-Choice"-Eintrag für Störungen
 - **adaptiv**
 - dynamische Anpassung an den Datenverkehr
 - Folge: Nachrichten von A nach B nehmen ggf. unterschiedliche Wege mit unterschiedlichen Laufzeiten
- Übertragungsarten
 - **verbindungsorientierte Kommunikation**
 - Schalten von echten oder virtuellen Leitungen (wie beim Telefon)
 - Reihenfolge der Nachrichten von A nach B bleibt erhalten
 - **verbindungslose Kommunikation**
 - Versenden von Einzelpaketen
 - korrekte Reihenfolge der Nachrichten von A nach B nicht garantiert

2.6 Das ISO/OSI-Referenzmodell

- Endziel: Festlegung von Kommunikationsstandards für **offene Systeme**
- Zunächst: Festlegung einer einheitlichen Terminologie
- Ansatz: "Geschichtete" Protokolle

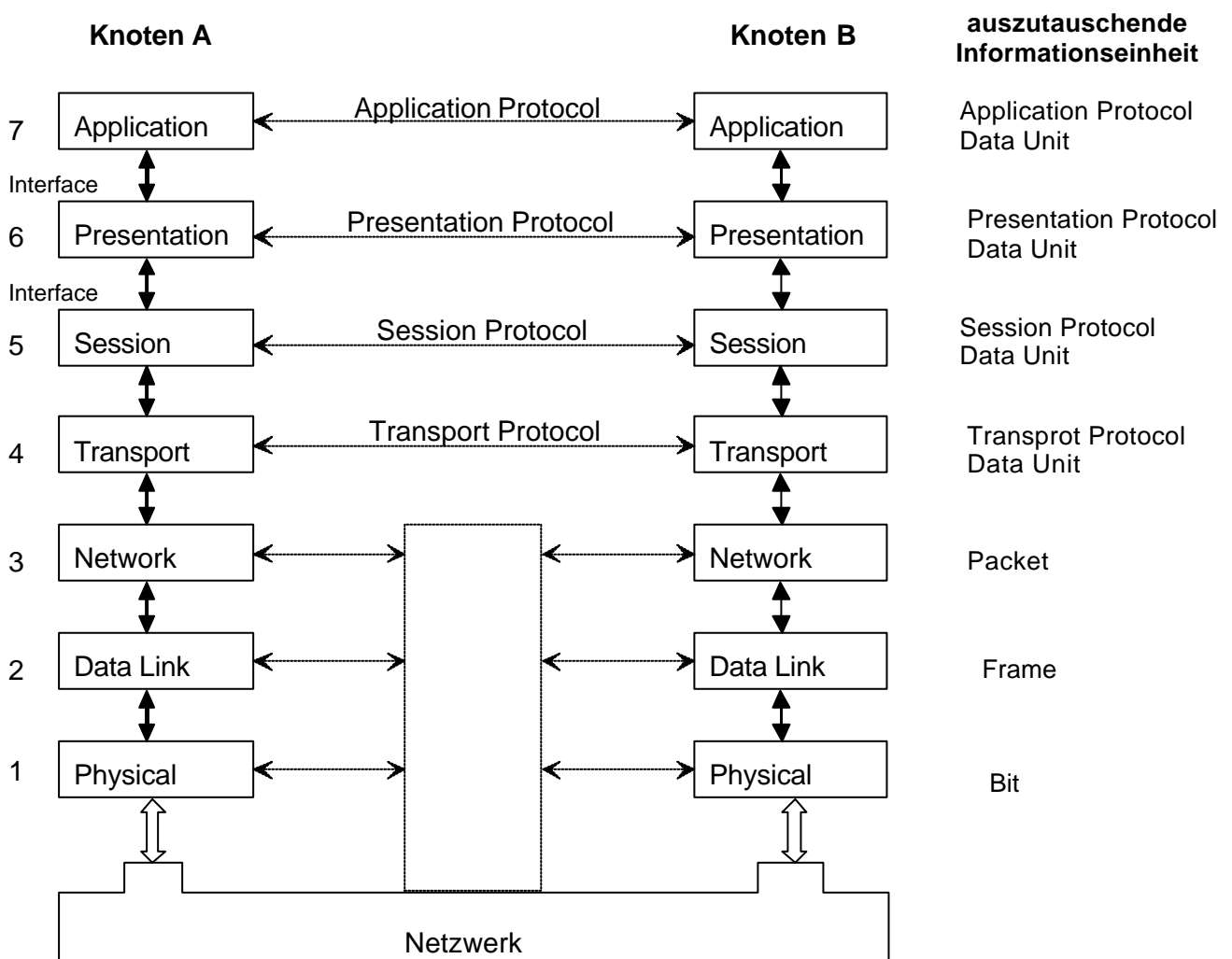


Abb. 2-12: ISO/OSI Referenz-Modell

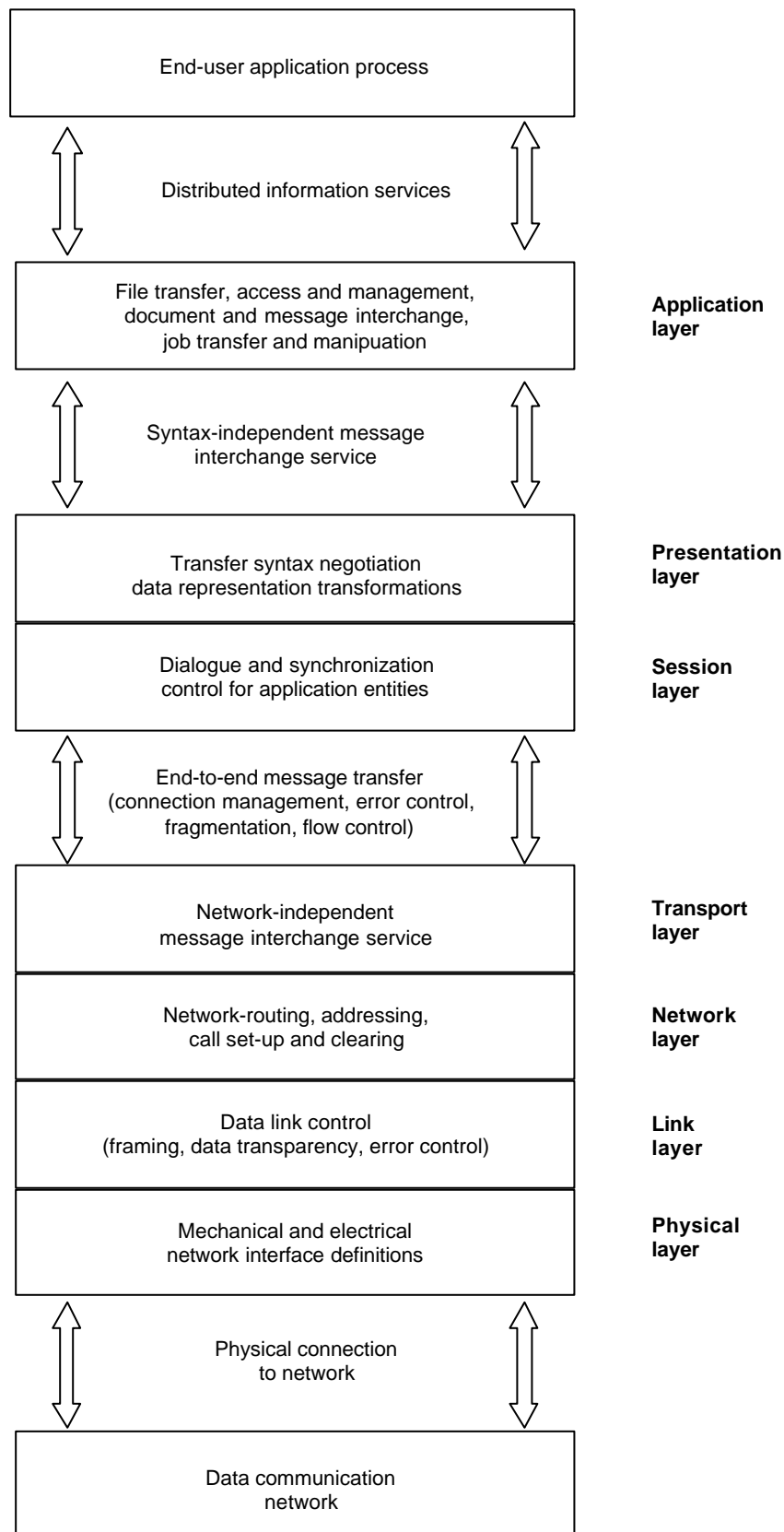


Abb. 2-13: Kurzbeschreibung der ISO/OSI-Schichten ¹²

¹² In Anlehnung an F. Hallsall, ..., p. 15

- Schichten jeweils funktionsorientiert beschrieben
- Verschiedene Implementierungen einer Schicht
⇒ konkrete "Ausfüllung" durch spezielle Standards
- Kommunikation zwischen zwei "ISO/OSI-Systemen" nur möglich, wenn auf allen Ebenen jeweils dieselben Standards verwendet werden
- Für "operativen" Einsatz eine Reihe von Schwächen:
 - Anwendungsschicht (Schicht 7) überladen (⇒ Sub-Schichten)
 - Anwendungsschicht für systemnahe Anwendungen "zu hoch"
 - (Noch) Kein Netzwerk-Management
 - Implementierung als geschichtetes Protokoll aufwendig
 - Ungeeignet (?) für Hochgeschwindigkeitsnetze
 - ...

2.7 Zusammenfassende Würdigung

- Zwischenzeitlich weite Verbreitung von Rechnernetzen
- Große Fortschritte hinsichtlich Durchsatz und "Inter-Networking-Fähigkeiten"
- Aber: Hohe Übertragungsgeschwindigkeiten nur bei langen Datenströmen effektiv nutzbar
(siehe Vergleich CSMA/CD, Token Ring und Token Bus in Abb. 2-7)
- Verzögerungen bei der Nachrichtenübermittlung bei CSMA/CD (und ähnlichen Verfahren) unter Last nicht abschätzbar
- Adaptive Routing-Verfahren können Reihenfolge von Nachrichten verfälschen
- Semantisch hohe Netzwerkschnittstellen (\Rightarrow ISO/OSI) können ggf. wichtige Information im Problemfall unterdrücken
- Fazit: Leistungsfähige und sichere vDBMS-Implementierungen brauchen enge Integration mit Kommunikationssystem

2.8 Ergänzende Literatur

- A.S. Tanenbaum: Computer Networks, Second Edition, Prentice-Hall, 1989

- H. Kerner: Rechnernetze nach OSI, Addison-Wesley, 1992

- F. Halsall: Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley, 1992

