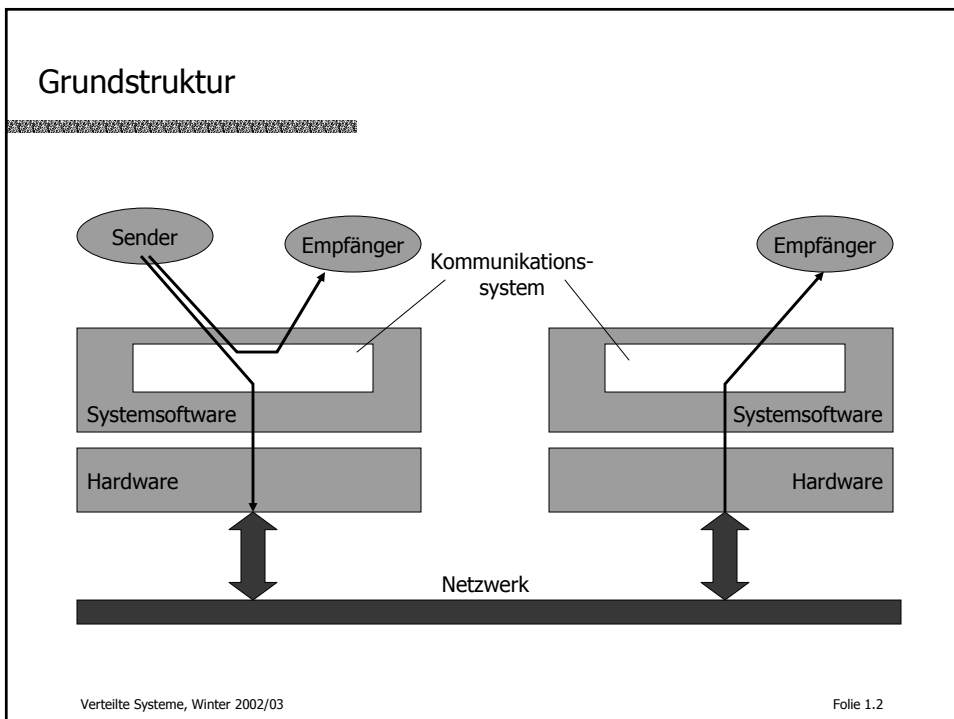
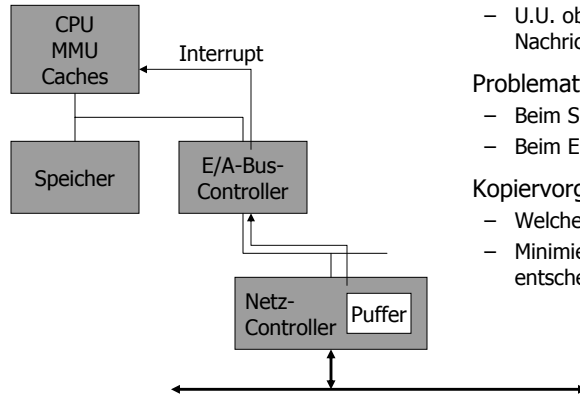


# Verteilte Systeme

## 1. Netzwerke



... im Detail



Nachrichtepuffer im Controller

- Sende- und Empfangspuffer
- Begrenzte Anzahl
- U.U. obere Schranke für die Nachrichtenlänge

Problematik "kein freier Puffer"

- Beim Senden?
- Beim Empfangen?

Kopiervorgänge

- Welche?
- Minimierung der Kopieanzahl entscheidend

Relevante Eigenschaften

Funktional

Senden

- Empfängeradresse
- Nachricht
- Nachrichtenlänge

Empfangen

- Senderadresse (Rückgabe)
- Nachrichtepuffer
- Länge der Nachricht (Rückgabe)

Nicht-Funktional

Paketgröße

Übertragungsbandbreite

- Einheit Byte/s
- Dominanz Medium

Latenz

- Einheit s
- Signalgeschwindigkeit und Entfernung

Nachrichtenverlust

- Wahrscheinlichkeit

...

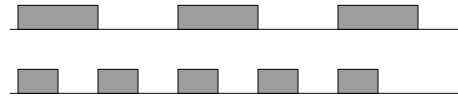
- Vertauschungen
- Verfälschungen
- Streuung bzgl. Eigenschaften
- Multicast-fähig
- Broadcast-fähig

Eigenschaftsgarantien

## Quality of Service (QoS)

Garantien bzgl. Bestimmter Netzwerkeigenschaften

- Bandbreite
- Frequenz
- Jitter
- Verlustrate
- ...



Reservierungsverfahren

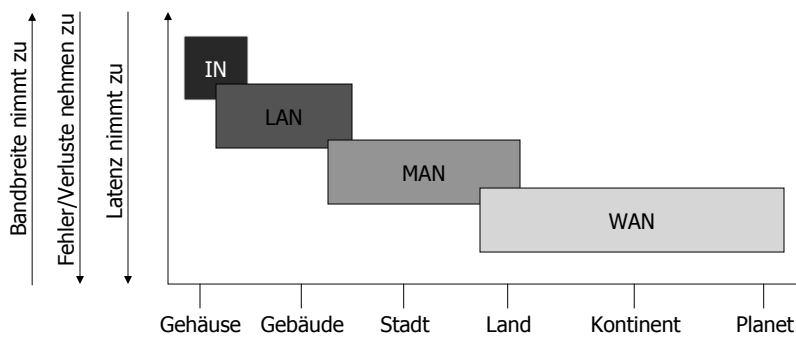
- Anmelden des Bedarfs
- Verhandlungen bei mehreren Möglichkeiten
- Optimierungskriterien
  - Kosten
  - Qualität



Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.5

## Klassifikation nach Ausdehnung



Interconnection Network (IN): Praktisch Speicherbandbreite

Local Area Network (LAN): 10 MBit/s bis 1 GBit/s

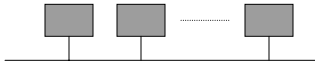
Metropolitan Area Network (MAN)

Wide Area Network (WAN)

Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.6

## Typische Topologien



### Bus

#### Zugangsverfahren

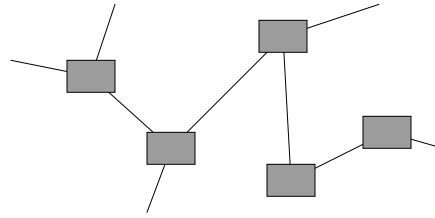
- Kollisionsfreier Zugang
- Ideen?
- Kollisionserkennung

#### Multicast- und Broadcast-fähig

Eigenschaftsgarantien hängen vom Zugangsverfahren ab

#### Bekannt Verfahren

- Ethernet



### Dedizierte Leitungen

Kollisionsfreie Kommunikation zwischen zwei Knoten

Routing zwischen entfernten Knoten

- Dienstleistungen unbeteiligter Dritter notwendig

Keine unmittelbare Multicast- und Broadcast-Fähigkeit

Eigenschaftsgarantien hängen u.a. von der Topologie ab

Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.7

## Zugangsverfahren für Busse

Parallelen Zugriff durch mehrere Stationen steuern

### FDMA – Frequency Division Multiple Access

- Frequenzzuordnung z.B. in einer Initialisierungsphase
- Ausgangspunkt für viele mobile Netze (Mobilfunk, WLAN, ...)

### TDMA – Time Division Multiple Access

- Synchron, z.B. Bluetooth
- Asynchron (Kontrolliert)
  - Token-basierte Verfahren auf Bussen
- Asynchron (Zufällig)
  - CSMA – Carrier Sense Multiple Access
  - CSMA/CD – inkl. Collision Detection



Verteilte Systeme, Winter 2002/03

## CSMA und CSMA/CD

### CSMA (Listen before talk)

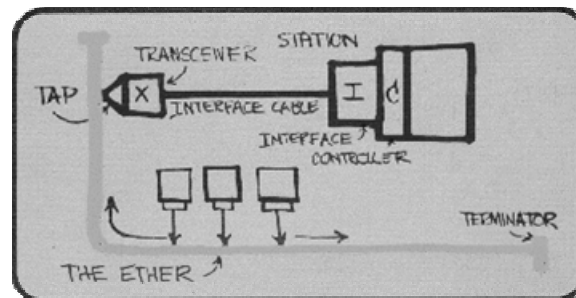
- Medium wird vor dem Senden abgehört
- Reaktion auf belegtes Medium
  - Nonpersistent: Zufallszeit warten und erneut probieren
  - 1-persistent: Abhören bis Medium frei, dann senden
  - P-persistent
    - Abhören bis Medium frei
    - Mit Wahrscheinlichkeit  $p$  sofort senden
    - Mit Wahrscheinlichkeit  $(1-p)$  Zufallszeit warten

### CSMA/CD (Listen while talk)

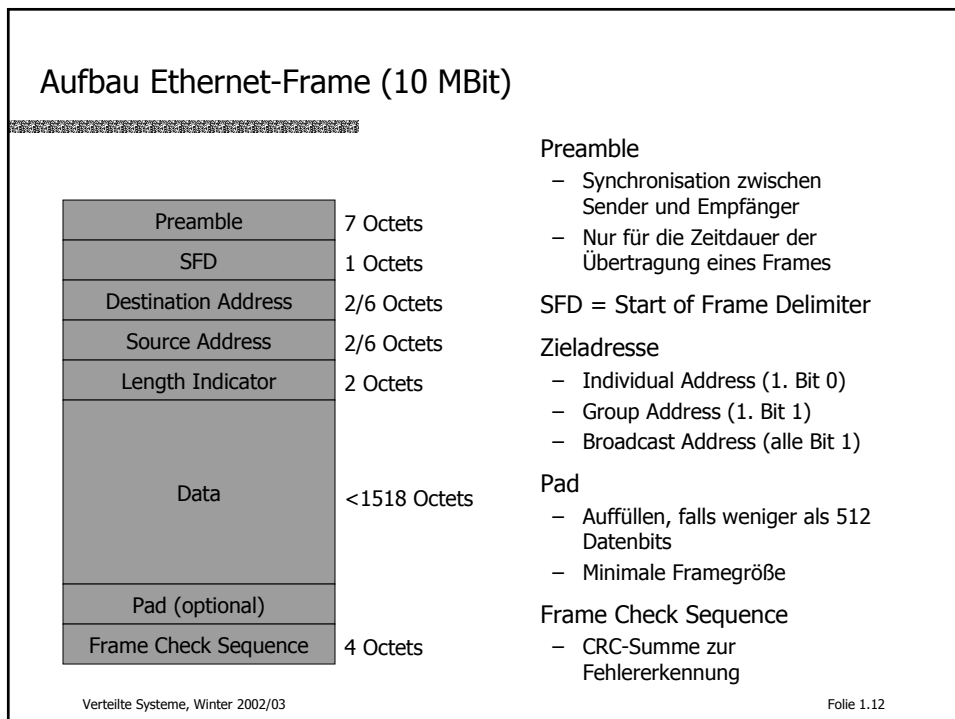
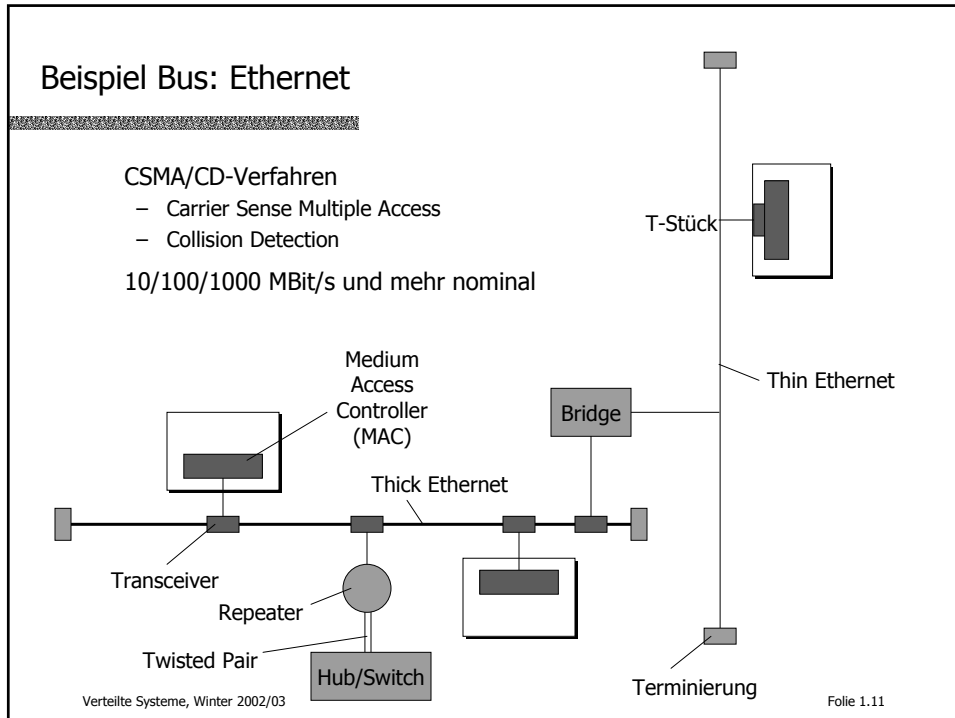
- Auch während Senden Medium beobachten
- Bei Fehler sofortiger Abbruch (siehe Menschen)
- Erfordert gleichzeitige Sende- und Empfangsmöglichkeit
- In funkbasierten Systemen häufig nicht gegeben

Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.9

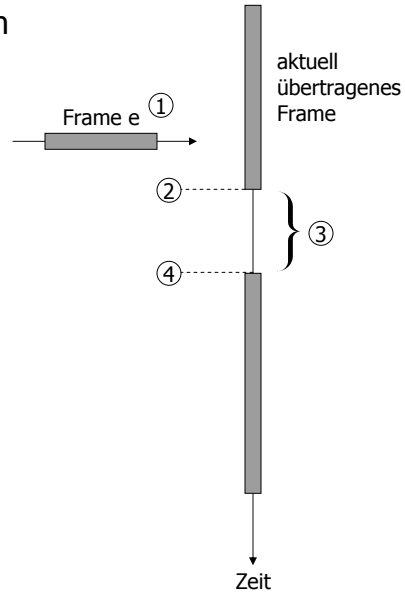


Bus-basierte Netze  
Plain old Ethernet



### Senden eines Frames ohne Kollision

1. Sendeauftrag für Frame e wird an MAC übergeben
2. Warten bis Medium frei (CSMA)
3. Interframe gap (9.6µs)
  - Zeit für Empfang und Weiterverarbeitung beim Empfänger
4. Senden von Frame e

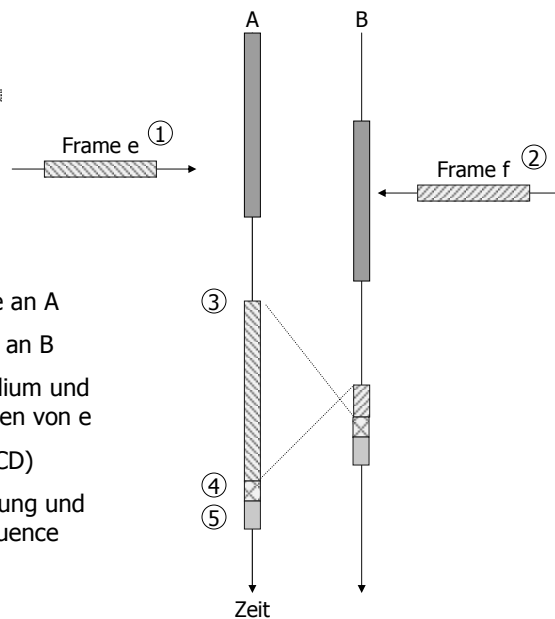


Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.13

### Senden mit Kollision

1. Sendeauftrag Frame e an A
  2. Sendeauftrag Frame f an B
  3. Warten auf freies Medium und Interframe Gap; Senden von e
  4. Kollisionserkennung (CD)
  5. Abbruch der Übertragung und senden der Jame Sequence
- analog Station B



Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.14

## Reaktion auf Kollisionen

### Kritisches Kollisionsfenster

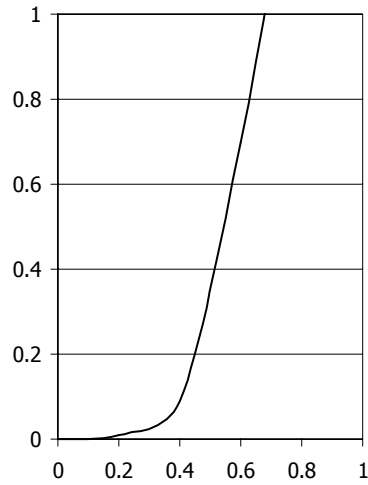
- Länge des Fensters?

### Zeitpunkt der Wiederholung?

- Warum ist es nicht sinnvoll, konstante Zeit zu warten?

### „Truncated Binary Exponential Backoff“

- Zufallszeit in Intervall I warten
- Intervall I wächst exponentiell mit jeder Wiederholung
- Obere Schranke bei Wiederholungen



Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.15

## Ethernet-Switching

### Kreuzverschaltung von n Ports

- Crossbar-Switch

### Port =

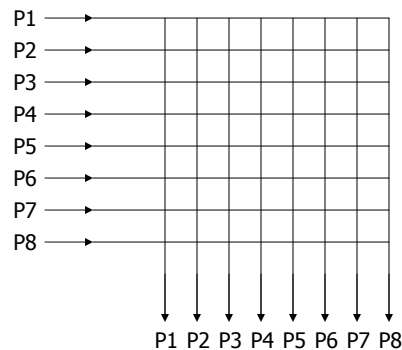
- Einzelne Station (1 Adresse)  
Keine Kollisionen  
Full-Duplex
- Segment

### Nominalleistung zwischen jeweils 2 Ports $P_i$ und $P_j$

- Benötigte Gesamtleistung bei 16 Ports, 100 Mbit?

### Weitergabe von Frames

- Store-and-Foreward
- Cut-Through
- Vor- und Nachteile?



Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.16





**The Standard for  
Wireless Fidelity.**

Bus-basierte Netze  
802.11 – Wireless Networks

## Wireless LAN

### Funkbasierte Netztechnologie

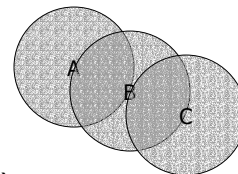
- Bewegliche Geräte
- Hohe Fehlerrate (Funkschatten)
- Diverse zusätzliche Probleme (Hidden Node)

### Ziel

- Ethernet-Semantik an der Schnittstelle

### Diverse Standards

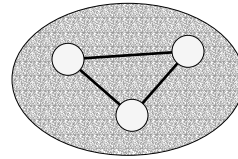
- 802.11 (1997): 1 bzw. 2 Mbps, 2.4 GHz
- 802.11a (1999): bis 54 Mbps, 5 GHz (fängt an)
- 802.11b: 5.5 Mbps bzw. 11 Mbps, 2.4 GHz
- 802.11g: bis 54 Mbps im 5.4 GHz Frequenzband (draft)



## Netzwerktypen

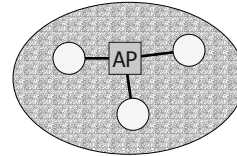
### Independent Basic Service Set (IBSS)

- Mehrere Geräte kommunizieren direkt miteinander
- Ad-Noc-Netzwerk



### Infrastructure BSS

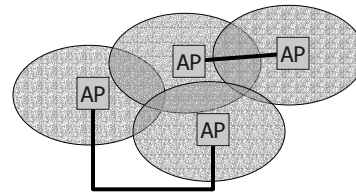
- Kommunikation innerhalb der Service Area eines Access Points
- JEDE Kommunikation geht über Access Point



### Infrastructure BSS mit Extended Service Area

- Mehrere Access Points arbeiten zusammen (Distribution System)
- Kommunikation zwischen Access Points über

Stationäres Netz (z.B. Ethernet)  
WLAN selbst (wireless bridge)



Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.19

## Kommunikationseigenschaften

Maximal 2304 Byte Payload pro Frame

Nachrichten werden positiv quittiert

RTS/CTS vor der eigentlichen Kommunikation möglich

- Längere Datenpakete
- Hohe Gerätedichte

In den Nachrichten steht geplante Belegungszeit des Mediums

- Blockade bei sendewilligen Stationen auch bei freiem Medium

Unterschiedliche Interframe Spaces

- SIFS (Short) ... EIFS (Extended für Fehlersituationen)

Rudimentäre Authentifizierung (WEP)

- Mithörender Notebook kann Datenverkehr nach kurzer Zeit entschlüsseln

Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.20



## Bluetooth

---

### Drahtloser Drahtersatz

- Headset und Handy
- PDA, PocketPC und Drucker
- Computer und Handy
- ...

### Kabelloser Kommunikationsstandard

- Kurze (10m) bis mittlere (100m) Reichweite
- Freies 2.4 bis 2.48 GHz Frequenzband
- Abgestimmt auf gute Integrierbarkeit und geringen Stromverbrauch

### Voice

- Max. 3 simultane Kanäle zu je 64 kbps synchron

### Data (Asymmetrisch)

- Asymmetrisch: 723.2 kbps Down, 57.6 kbps Up
- Symmetrisch: 433.9 kbps

## Netzarchitektur

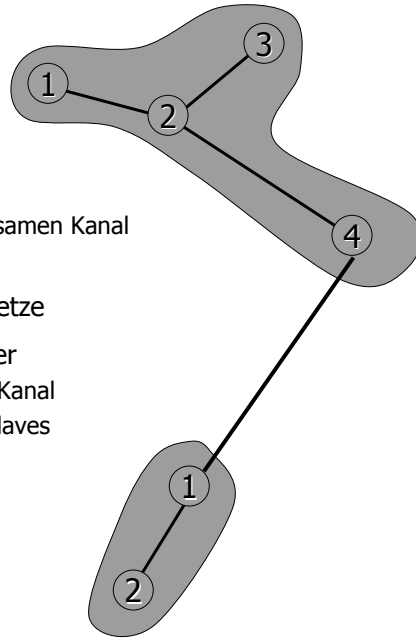
Piconetz = Spontane Vernetzung von Bluetooth-Geräten

- Synchronisation auf einen gemeinsamen Kanal
- Point-to-Point, Point-to-Multipoint

Scatternetz = Überlappende Piconetze

Kanalarbitrierung über einen Master

- Max. 7 aktive Slaves im virtuellen Kanal
- Unbegrenzte Anzahl „geparkter“ Slaves



Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.23

## Sicherheit

Grundeigenschaften

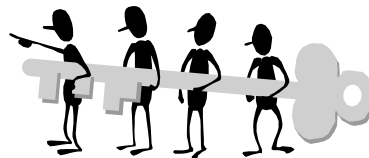
- Authentifizierung über Challenge-Response
- Verschlüsselte Datenübertragung
- Session Keys

Elemente

- Geräteadresse (BD\_ADDR): 48 Bit eindeutig
- Privater Benutzerschlüssel: 128 Bit
- „Zufallszahl“: 128 Bit

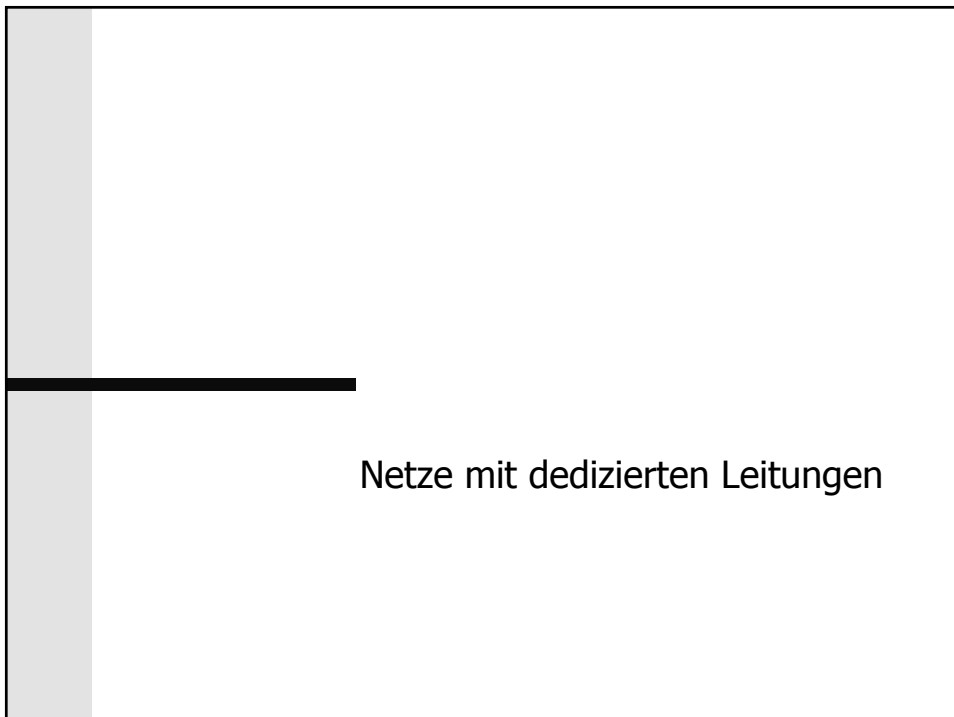
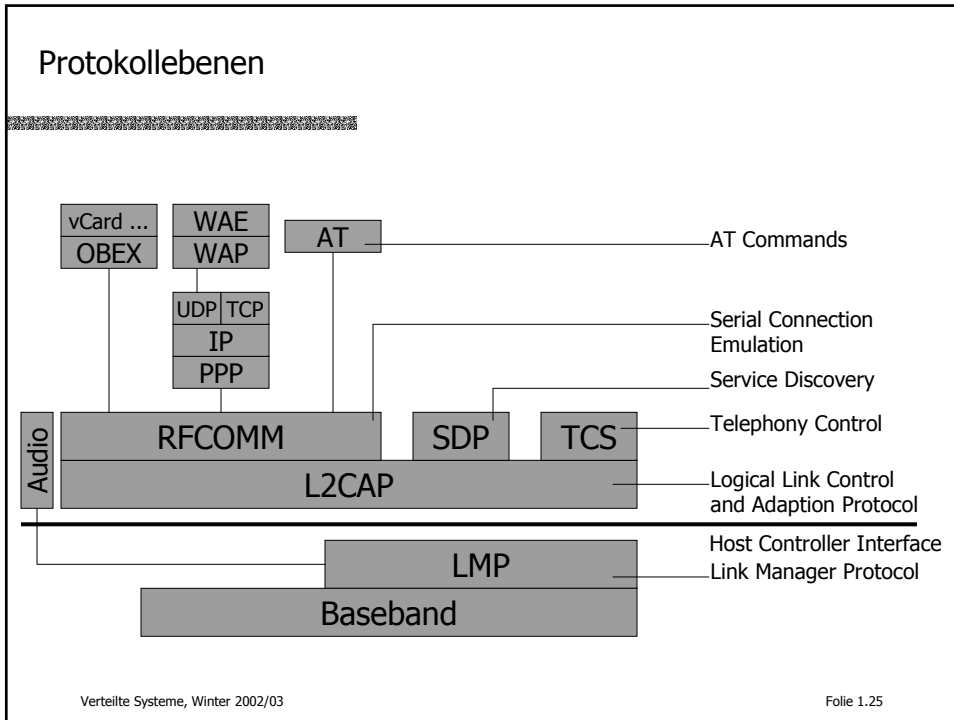
Außerdem

- Frequency Hopping
- Reichweitenbegrenzung

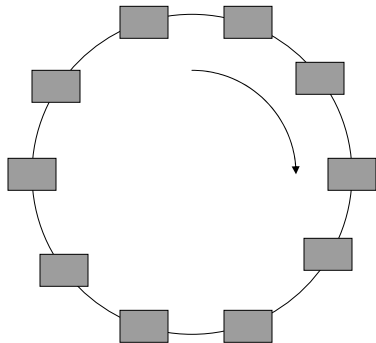


Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.24



## Ringe



Einfache, inkrementell erweiterbare Struktur

Ausfälle einzelner Knoten oder Kanten kritisch

Zusätzliche Regelungen im Knoten

- Wann werden eigene Nachricht gesendet?
- Wann werden Nachrichten der Vorgänger gesendet?

Multicast- und Broadcast-fähig

Obere Schranken für

- Nachrichtenlaufzeit?
- garantierte Bandbreite?

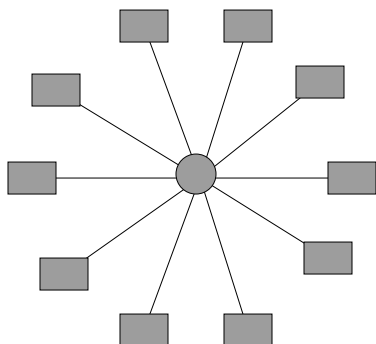
Bekannte Vertreter

- Token-Ring
- Slotted-Ring
- FDDI

Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.27

## Sterne



Einfache Struktur

Zentrale

- Leistungsengpaß
- Ausfall kritisch

Multicast- und Broadcast-fähig?

Obere Schranken für

- Nachrichtenlaufzeit?
- Garantierte Bandbreite?

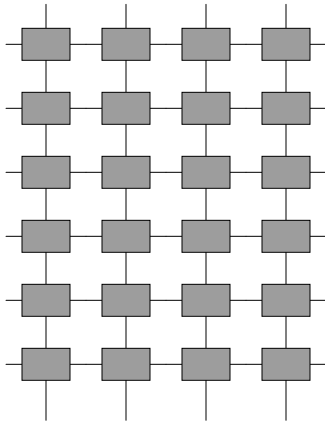
Bekannte Vertreter

- Geschwichte LANs

Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Folie 1.28

## Gitter, Würfel, Torus, Baum ...



### Reguläre Strukturen

#### Günstige Eigenschaften

- Redundante Wege
- Obere Nachrichtenlaufzeiten
- Multicast- und Broadcast-fähig?

Ausdehnung meist auf IN und LAN beschränkt

#### Beispiel Hypercube

#### Weitere Vertreter

- Transputer :-)
- Thinking Machines CM5
- Intel RP3
- ...

Typische Struktur im Bereich Parallelrechner

## Beispiel Hypercube

Reguläre Struktur =  
Deterministisch

#### Routing

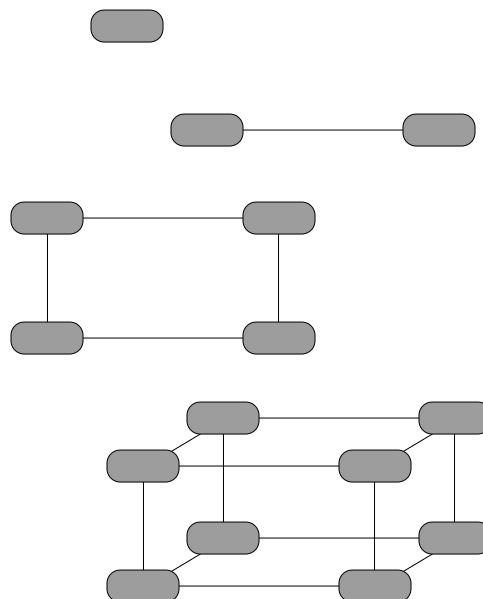
- Einfaches Schema bei geeigneter Wahl der Rechneradressen
- Obere Schranke für die Hop-Anzahl

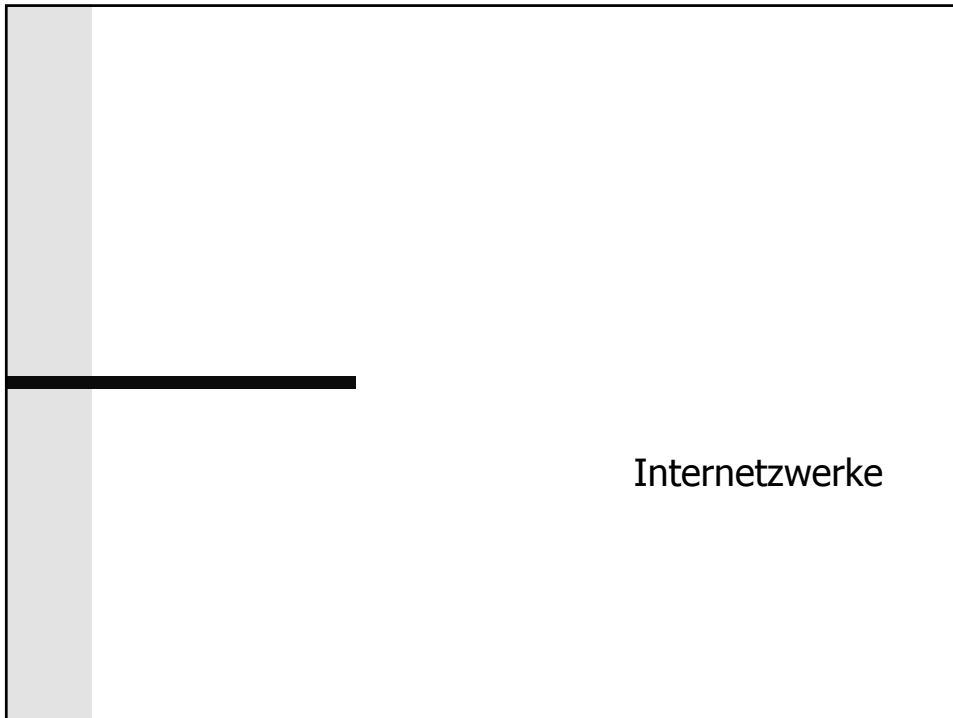
#### Zuverlässigkeit

- Redundante Wege

#### „Einfacher“ Aufbau

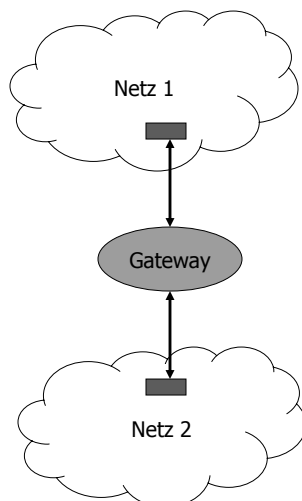
- Logarithmische Kantenanzahl pro Knoten





## Internetzwerke

### Rekursiver Aufbau



Verteilte Systeme, Winter 2002/03

Vernetzung von Netzen über dedizierte Leitungen

- Hierarchisch
- Zyklen

Ausgezeichnete Stationen (Router oder Gateway)

- Weiterleitung von Nachrichten aus Netz 1 in Netz 2
- 2 Netzanschlüsse (Multi-homed host)
- Schutzfunktionen
- Beste Wege

Probleme

- Adressierung
- Routing
- Maximale Nachrichtengröße
- Starke Streuung bei den Eigenschaften

Bekannter Vertreter

- Internet

Folie 1.32