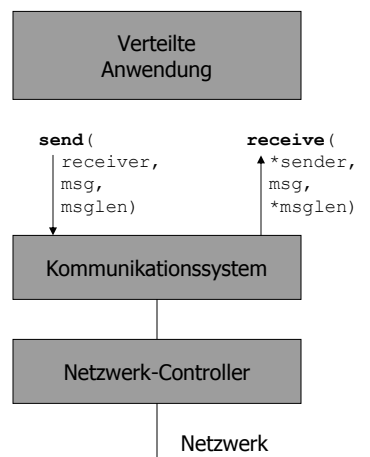


Verteilte Systeme

2. Protokolle

Netzwerke und höhere Protokolle



Semantik von `send` und `receive` wird vom Netzwerk bestimmt

- Nachrichtenverluste, -duplikate, -vertauschungen
- Adressierung
- Gruppen- und Broadcastadressen
- Maximale Paketgröße (MTU = Maximum Transfer Unit)

Fragestellungen

- Portierbarkeit
- Austausch von Adressen
- Heterogenität
- Flußkontrolle, Stauungen
- Kommunikationskosten (Ermittlung und Abrechnung)
- Sicherheit
- ...

Ziele

Nicht vorhandene Funktionalität realisieren

- Nachrichtenverluste kompensieren
- Duplikate eliminieren
- Vertauschungen aufheben
- Multicast- und Broadcast-Kommunikation bereitstellen

Homogenes Leistungsangebot in einem Internet

- Unterschiedliche maximale Paketgrößen angleichen
- Einheitliche Adressierung
- Mail, Namensdienste, HTTP, MIME, ...

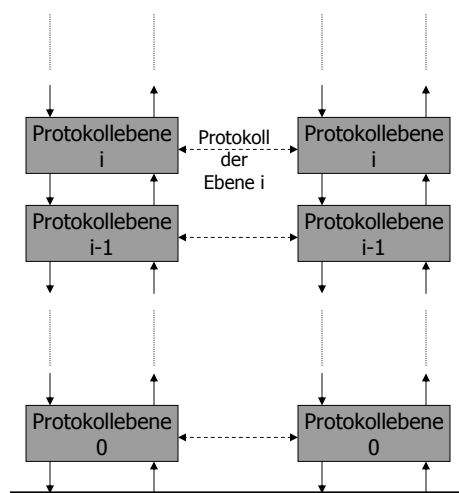
Höhere Abstraktionen

- Symbolische Adressierung
- Remote-Procedure-Call (RPC), Client-Server-Systeme
- Verteilter gemeinsamer Speicher (DSM = Distributed Shared Memory)

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.3

Protokollebenen



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.4

Schrittweise Erweiterung und Verbesserung der Funktionalität

- Ebene k fängt Nachrichtenverluste ab
- Ebenen $m > k$ gehen von sicherer Übertragung aus

Protokollstack

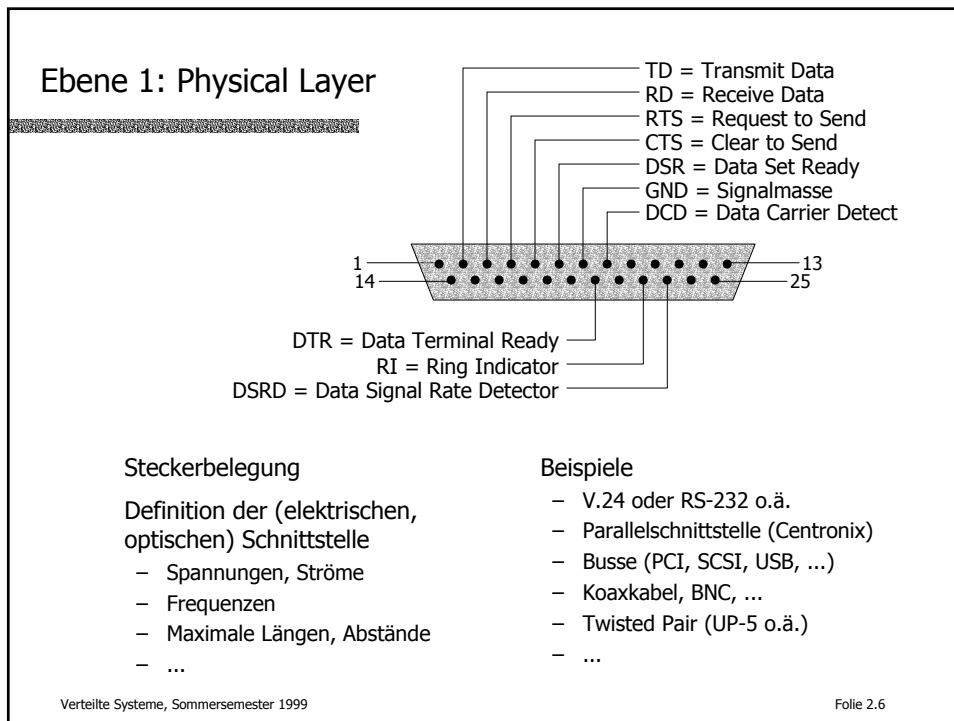
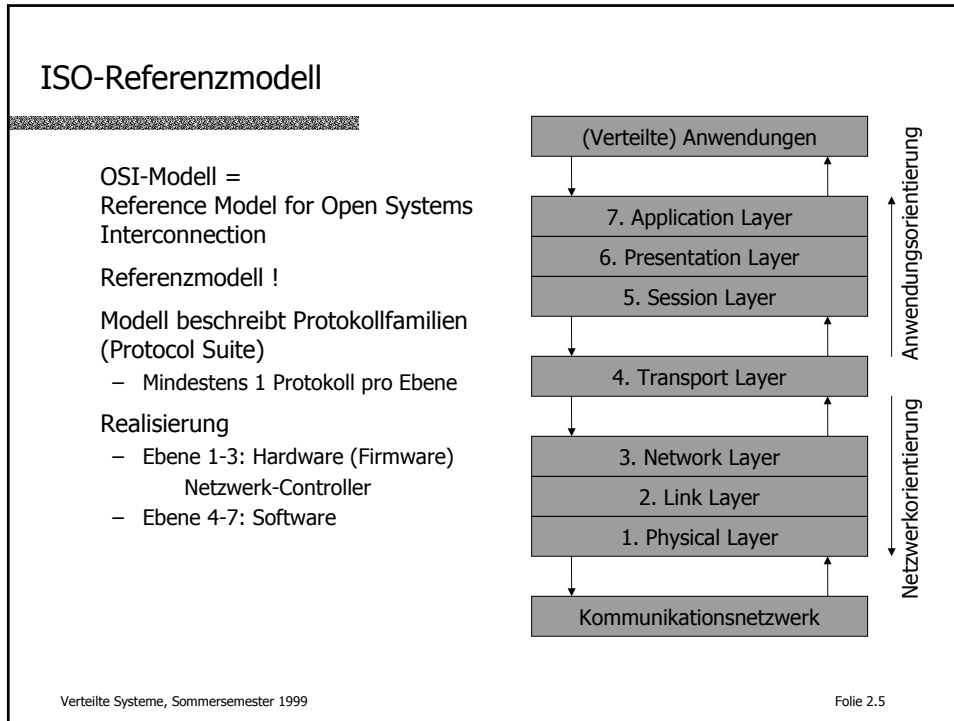
Logisches Protokoll auf jeder Ebene

Wo sind die Ebenen?

- Laufzeitbibliothek
- Betriebssystem
- Spezielle Server (paralleler Protokollstack)

Nachteile

- Effizienzprobleme
- Anordnung der Ebenen
- Jede Ebene braucht Header



Ebene 2: Link Layer

Realisierung eines fehlerfreien Übertragungskanals (Link) zwischen jeweils 2 Knoten

- Synchronisation
- Fehlererkennung (CRC)
- Nachrichtwiederholungen
- Transparente Datenübertragung

Bidirektionale Verbindung

- Halb-Duplex
- Voll-Duplex

Beispiele

- CSMA/CD
- HDLC

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 2.7

Ebene 3: Network Layer

7. Application Layer

6. Presentation Layer

5. Session Layer

4. Transport Layer

zwischen Netzen

3. Network Layer

innerhalb eines Netzes

2. Link Layer

1. Physical Layer

Rechner-zu-Rechner-Protokoll

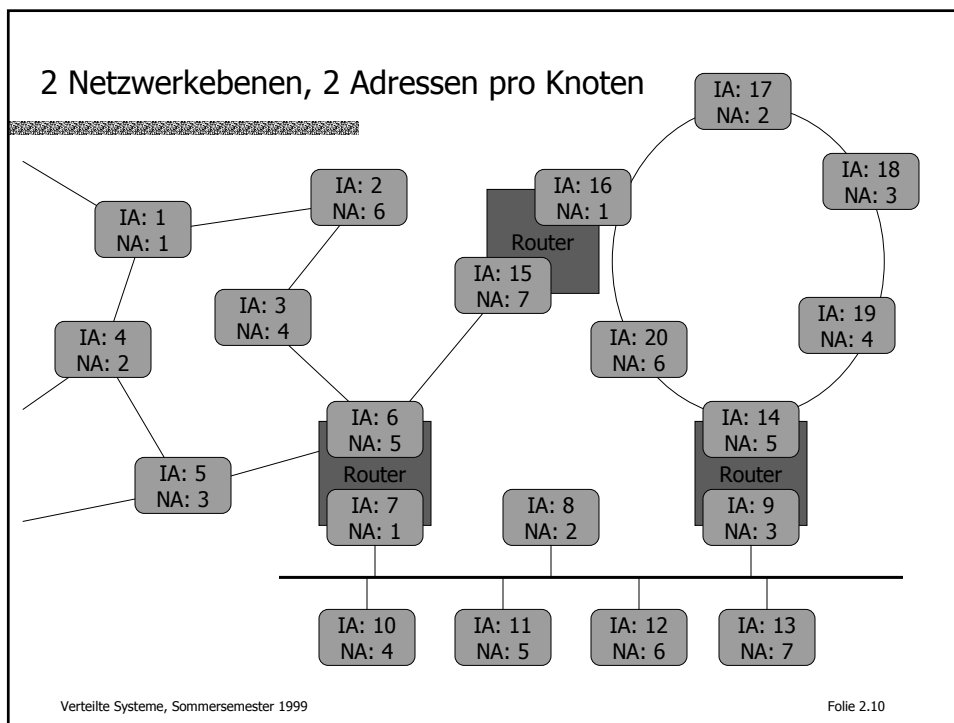
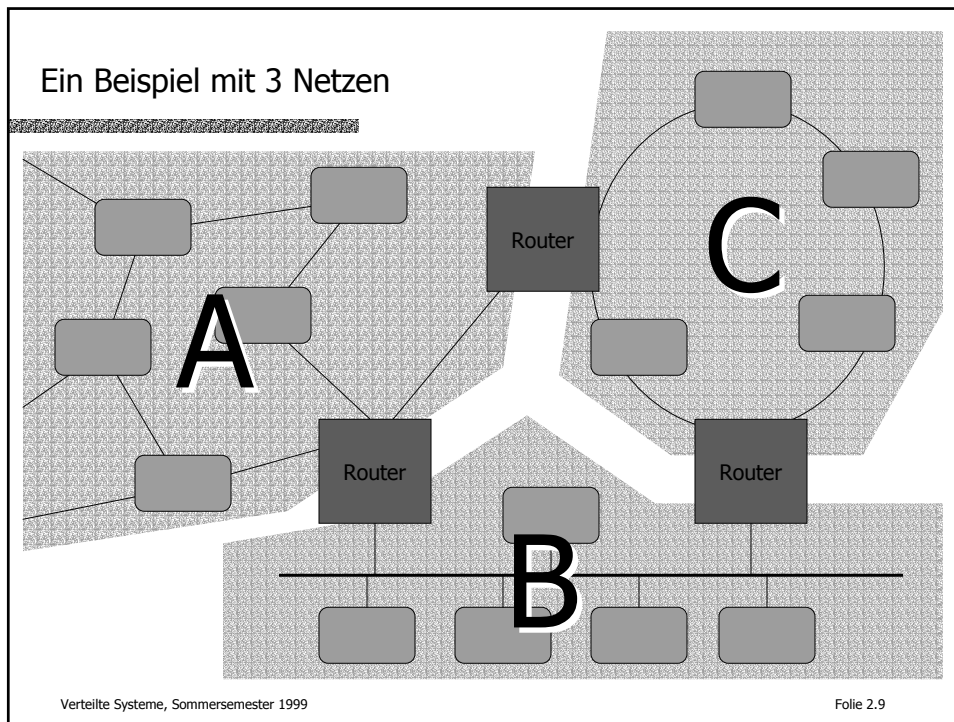
Netzwerkebene häufig geteilt

- Aufgaben innerhalb eines Netzes:
 - Routing bei dedizierten Leitungen
 - Netzwerkadressen
- Aufgaben bei der Vernetzung zweier Netze (Internet):
 - Übergeordnetes Adressierungsschema (Internet-Adresse)
 - Routing
 - Fragmentierung bei unterschiedlicher MTU

Management-Funktionen

- Behandlung von Ausfällen
- Ermittlung von Adressen
- Austausch von Routing-information

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 2.8



Routing

Wahl des richtigen Weges zu einem Empfänger

- Mehrere Alternativen vorhanden
- Speicherung der Alternativen
- Speicherung der aktuell "besten" Route zum Ziel

Auswahlkriterien

- Verfügbarkeit
- Bandbreite
- Kosten

Routing-Tabelle

- Zielknoten, Zielnetz
- Kosten (Kostentabelle)
- Lifeness-Informationen

Abgleich der Routing-Information

- Dreiecksungleichung

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 2.11

Routing innerhalb eines Netzes

Beispiel Hypercube

Geeignete Wahl der Knotenadressen

Routing = Vergleich der binären Adressen

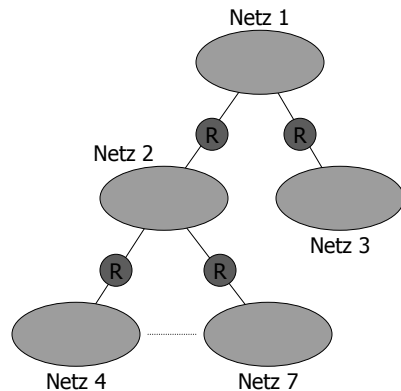
- Zwischen aktuellem Knoten (Router) und Zielknoten
- Richtung wählen, die Anzahl der ungleichen Bitpositionen reduziert

Anzahl der ungleichen Positionen entspricht Anzahl der alternativen Wege

Routing bei Ausfall einzelner Kanten?

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 2.12

Routing zwischen Netzen



Beispiel: Hierarchischer Ansatz

Aufbau einer Adresse $A=(N,K)$

- Netzanteil
- Knotenanteil

Empfänger im selben Netz

- Direkte Kommunikation

Empfänger in anderem Netz

- Weg unbekannt: Nachricht an einen ausgezeichneten Router (Default Router) weiterleiten
- Weg bekannt: Weitergabe an den entsprechenden Router
Macht meist auch der Default Router

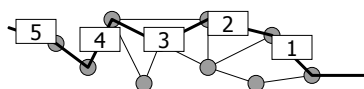
Redundanter "Secondary"

- Enger Abgleich mit dem "Primary"

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.13

Virtual Circuit Switching vs. Paket Switching



Virtuelle Verbindung

Vorteile

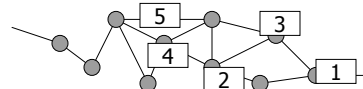
- Keine Nachrichtenverluste
- FIFO-Ordnung
- Flußkontrolle
- Geringer Pufferungsaufwand
- QoS durchsetzbar

Nachteile

- Verbindungsaufbau notwendig
- Overhead

Beispiele

- ATM, (Telefon)



Unabhängige Pakete

Vorteile

- Geringer Overhead

Nachteile

- Nachrichtenverluste
- Keine Ordnung
- Keine Flußkontrolle
- Erhöhter Pufferungsaufwand
- QoS schwierig

Beispiele

- Ethernet, (Briefpost)

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.14

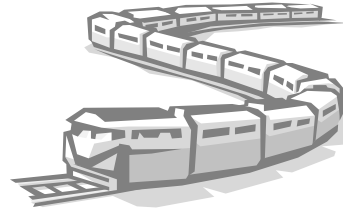
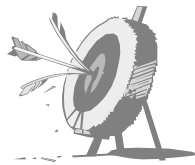
Ebene 4: Transport Layer

Ende-zu-Ende-Protokoll

- Angabe des Empfangsrechners
- Konkreter Empfänger
 - Prozeß
 - Port
 - ...

Meist zwei Protokolle:

- Verbindungslos (Datagramm)
- Verbindung (Reliable Stream)
- Vor- und Nachteile bekannt



Aufgaben

- Quittungsbetrieb = Reaktion auf Nachrichtenverluste
- Sequenznummern = Reaktion auf Nachrichtenvertauschungen
- Eliminierung von Duplikaten
- Flußkontrolle
- Ausnutzung der Speicherkapazität des Mediums
- ...

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.15

Quittungsbetrieb

Gründe

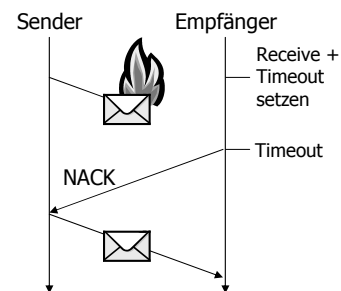
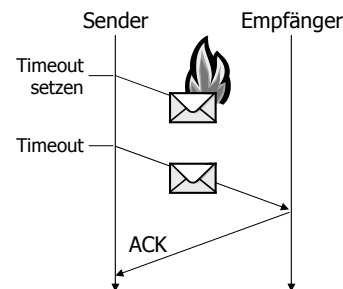
- Reaktion auf Nachrichtenverluste
- Erkennen von Netzpartitionen
- Erkennen von Ausfällen
 - Empfänger
 - Kommunikationssystem
- Flußkontrolle
 - langsame Empfänger

Grundlage Timeout

- Positive Quittung (Implizite Wiederholung)
- Negative Quittung (Explizite Anforderung)

Nachteil: Schlechte Auslastung des Mediums bei hoher Latenz

Byzantinische Generäle




Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.16

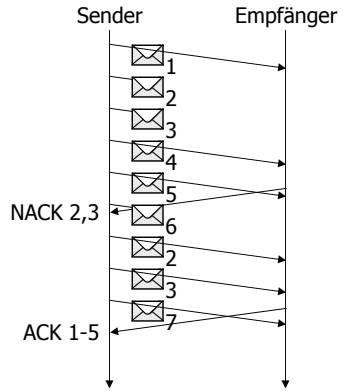
Die byzantinischen Generäle

Es war einmal



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999Folie 2.17

Kontinuierliches Senden



Nachrichten nummerieren

Sender verwaltet Liste der noch nicht quittierten Nachrichten

- Empfänger kann durch Senden von NACK fehlende Nachrichten nachträglich anfordern

Empfänger verwaltet Liste der empfangenen Nachrichten

- Sender kann durch Empfang von ACK erfolgreich übermittelte Nachrichten aus der Liste entfernen

Selektive Wiederholung

Go-Back-N

Probleme

- Komplexe Protokolle
- Hoher Pufferbedarf
- Schlechtes Hochlastverhalten
- Sender paßt sich dem Tempo des Empfängers nicht an

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999Folie 2.18

Flußkontrolle: Sliding-Window-Protokolle

Ziele

- Tempo von Sender und Empfänger anpassen
- Speicherkapazität des Mediums optimal nutzen

Sender verwaltet Fenster von maximal n unquittierten Nachrichten

- Sender kann Empfänger um maximal n Nachrichten vorauslaufen
- Innerhalb des Fensters Quittungsbetrieb analog kontinuierlichem Senden
- Bei n ausstehenden Quittungen Blockade des Senders
- Wahl von n hängt u.a. von der Speicherkapazität ab

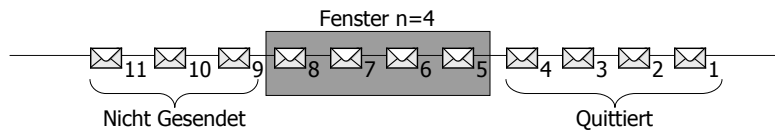


Abbildung auf Netzwerkebene

	Netzwerk Paket Switching	Netzwerk Circuit Switching
Transport Datagramm	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentierung • Volles Protokoll pro Datagramm • Direkte Abbildung bei passender MTU 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau einer Verbindung vor dem Versenden eines Datagramms • Caching von Verbindungen
Transport Reliable Stream	<ul style="list-style-type: none"> • Volles Protokoll inkl. Quittungsbetrieb, Sequenznummer und Flußkontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Abbildung

Ebene 5: Session Layer

(Die Aufgaben dieser Ebene sind am wenigsten klar umrissen)

Verwaltung von Kommunikationssitzungen

- Sicherungspunkte für Verbindungen
- Recovery

Beispiele

- Unterbrochene FTP-Sitzung von gestern jetzt fortführen
- Bankautomat stellt Verbindung zur Zentrale wieder her

Häufig sind die Protokolle dieser Ebene nicht einfach isolierbar



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.21

Ebene 6: Presentation Layer

Umwandlung von Datenformaten

- Offene Systeme
- Heterogenität

Gängige Technik

- Bereitstellung eines Netzwerkstandards S_{Netz}
- Sender wandelt Daten von S_{Send} in S_{Netz} um
- Empfänger wandelt Daten von S_{Netz} nach S_{Receive} um

Beispiele

- XDR (SUN-RPC)
- ASN.1

Verschlüsselung

- z.B. 128 Bit-Verschlüsselung über Java-Applets beim Internet-Banking

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.22

Ebene 7: Application Layer

Spezifische Anwendungsprotokolle

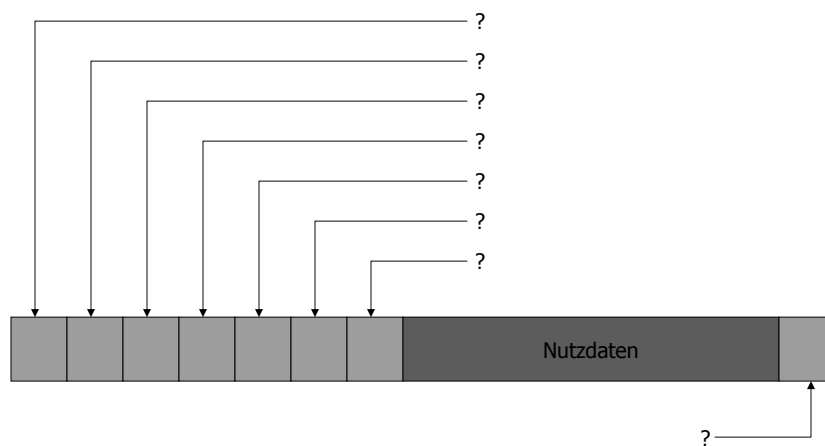
Beispiele

- FTP - File Transfer Protocol
- Telnet
- rlogin - Remote Login
- NFS - Network File System
- NIS - Network Information System
- SMTP - Simple Mail Transfer Protocol
- X.400, POP.3, ... - Ebenfalls Mail-Protokolle
- HTTP - Hypertext Transfer Protocol
- ...

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.23

Aufbau einer Ebene 7-Nachricht



Verteilte Systeme, Sommersemester 1999

Folie 2.24

Router

Knoten A

7
6
5
4
3
2
1

Router

3	3
2	2
1	1

Knoten B

7
6
5
4
3
2
1

Muß ein Router vollständig durchlässig sein?
Was kann spezifisch unterbunden werden?

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 2.25

Gateway

Knoten A

7
6
5
4
3
2
1

Gateway

7	7
6	6
5	5
4	4
3	3
2	2
1	1

Knoten B

7
6
5
4
3
2
1

Was kann ein Gateway spezifisch unterbunden werden?

Verteilte Systeme, Sommersemester 1999 Folie 2.26