

Verteilte Systeme

2. Protokolle

Netzwerke und höhere Protokolle

```

    graph TD
      A[Verteilte Anwendung] -- "send (receiver, msg, msglen)" --> B[Kommunikationssystem]
      B -- "*sender, msg, *msglen" --> A
      B --- C[Netzwerk-Controller]
      C --- D[Netzwerk]
  
```

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
- ...

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 2.2

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, ...

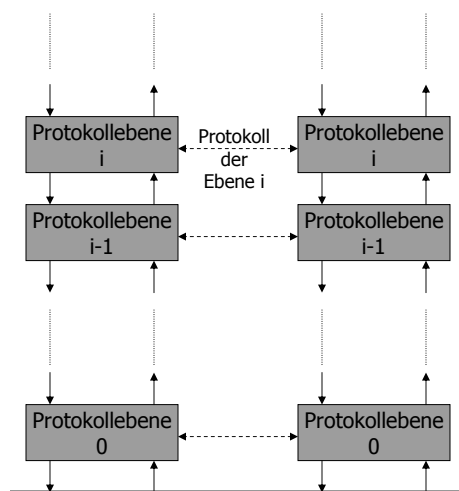
Höhere Abstraktionen

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

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.3

Protokollebenen



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.4

Schrittweise Erweiterung und Verbesserung der Funktionalität

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

Protokollstack

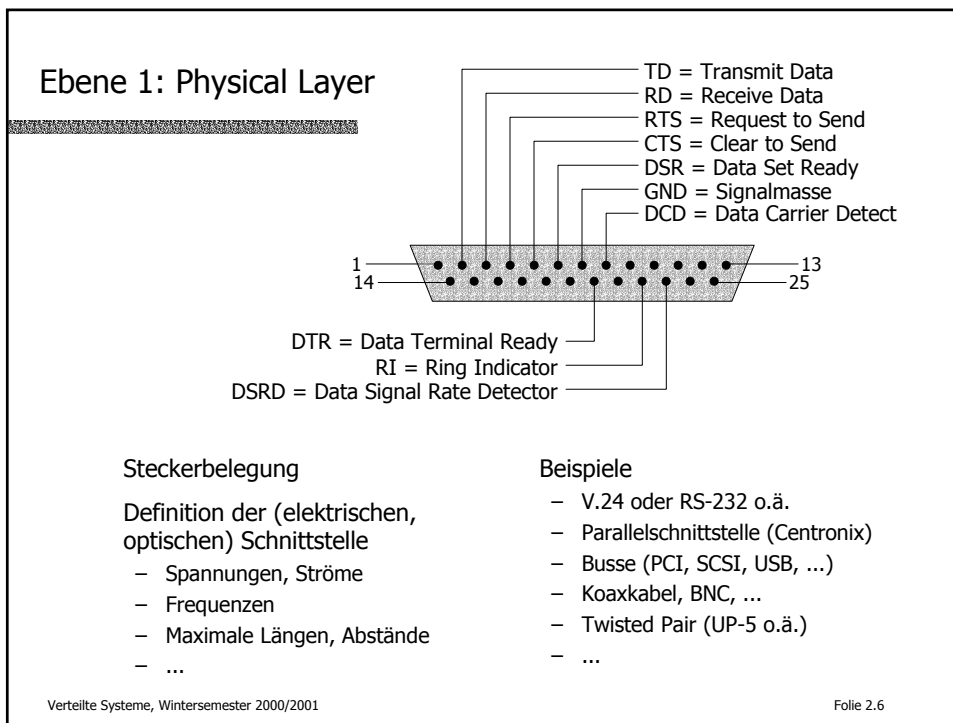
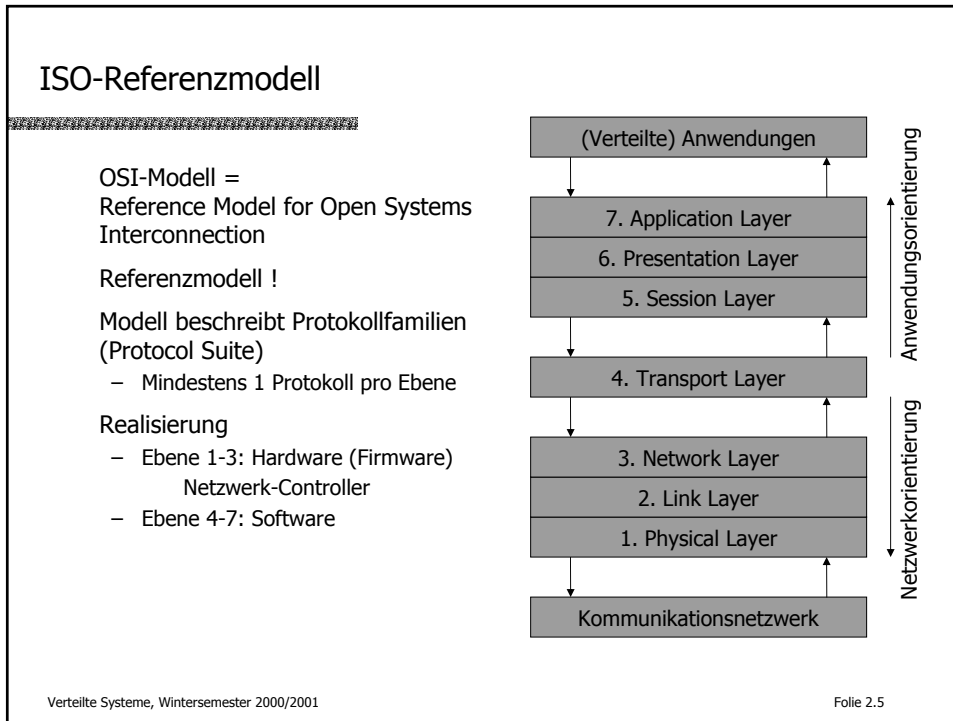
Logisches Protokoll auf jeder Ebene

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, Wintersemester 2000/2001 Folie 2.7

Ebene 3: Network Layer

Rechner-zu-Rechner-Protokoll

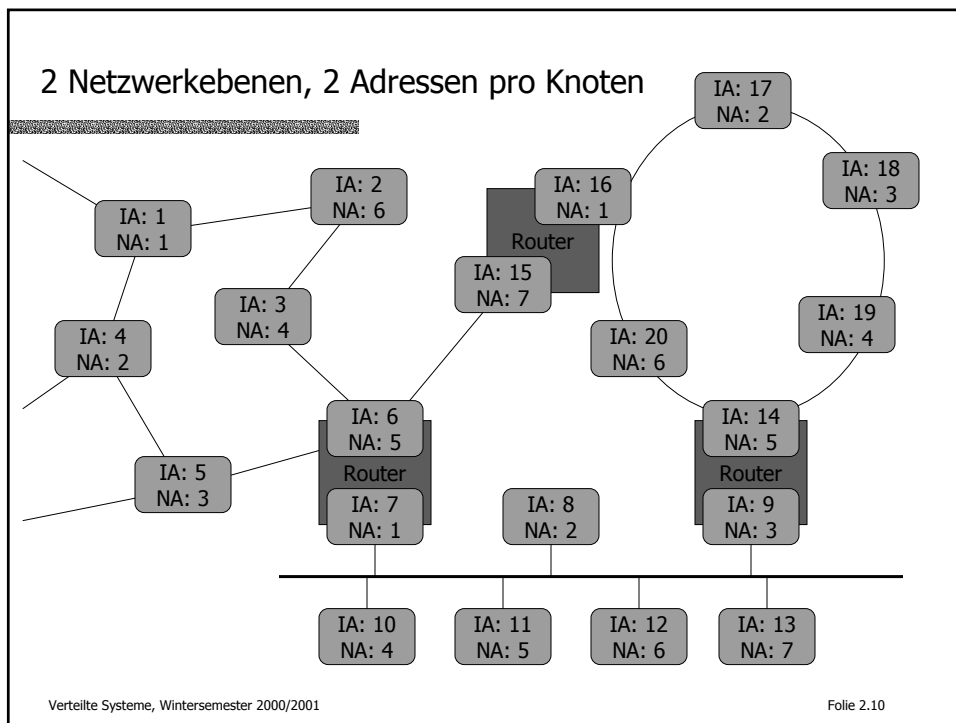
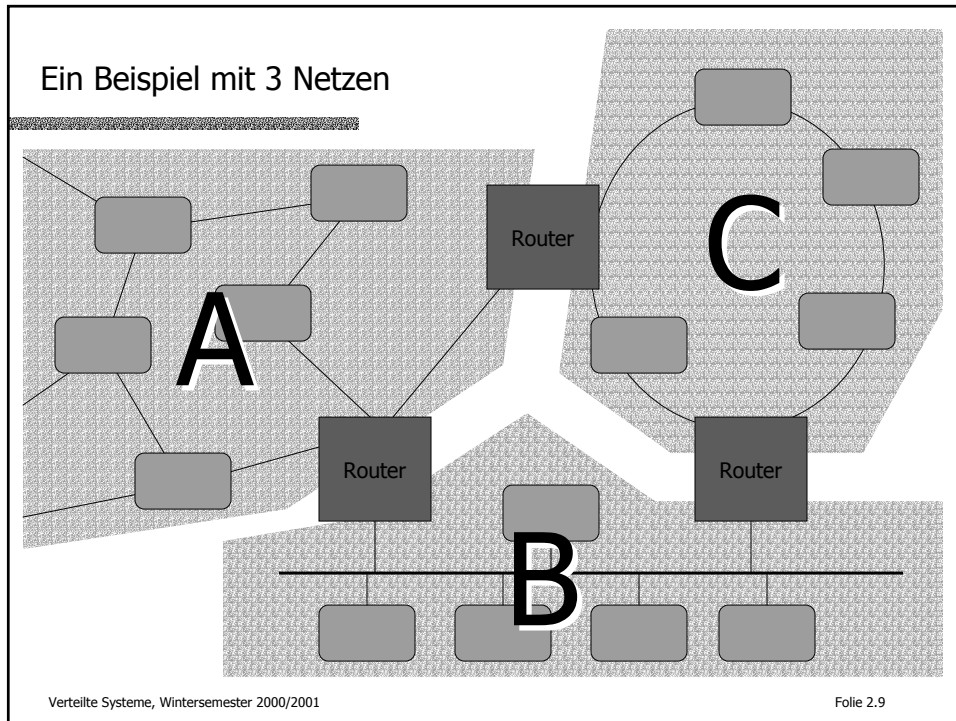
Netzwerkebene häufig geteilt

- 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, Wintersemester 2000/2001 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, Wintersemester 2000/2001 Folie 2.11

Routing innerhalb eines Netzes

Beispiel Hypercube

Geeignete Wahl der Knotenadressen

Routing = Vergleich der binären Adressen

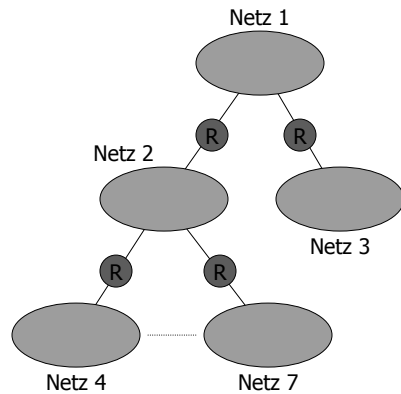
- Zwischen aktuellem Knoten (Router) und Zielknoten
- Richtung wählen, die Anzahl der ungleichen Bitpositionen reduziert

Anzahl der ungleichen Positionen entspricht Anzahl der alternativen Wege

Routing bei Ausfall einzelner Kanten?

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 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

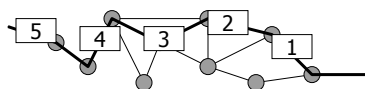
Redundanter "Secondary"

- Enger Abgleich mit dem "Primary"

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.13

Virtual Circuit Switching vs. Paket Switching



Virtuelle Verbindung

Vorteile

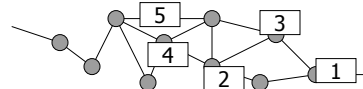
- Keine Nachrichtenverluste
- FIFO-Ordnung
- Flußkontrolle
- Geringer Pufferungsaufwand
- QoS durchsetzbar

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, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.14

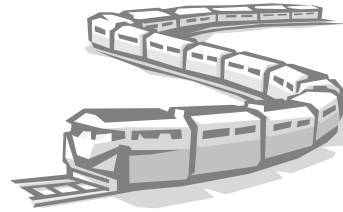
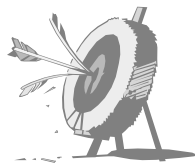
Ebene 4: Transport Layer

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, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.15

Quittungsbetrieb

Gründe

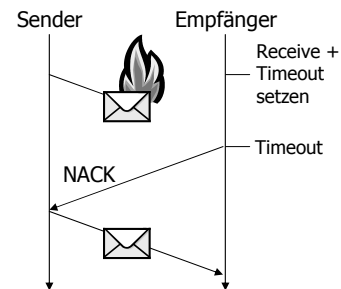
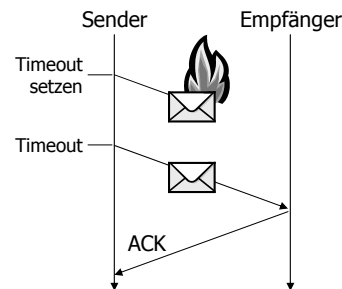
- Reaktion auf Nachrichtenverluste
- Erkennen von Netzpartitionen
- Erkennen von Ausfällen
 - Empfänger
 - Kommunikationssystem
- Flußkontrolle
 - langsame Empfänger

Grundlage Timeout

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

Nachteil: Schlechte Auslastung des Mediums bei hoher Latenz

Byzantinische Generäle




Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.16

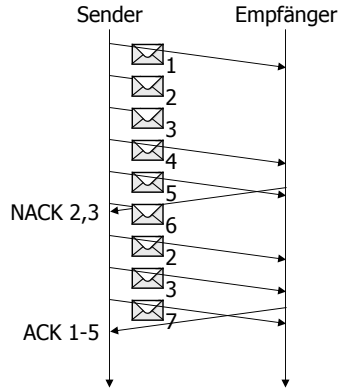
Die byzantinischen Generäle

Es war einmal



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001Folie 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, Wintersemester 2000/2001Folie 2.18

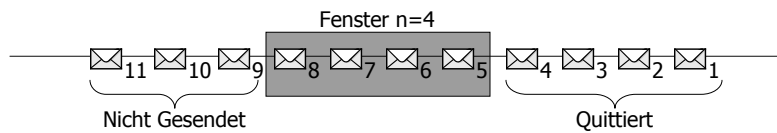
Flußkontrolle: Sliding-Window-Protokolle

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



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.19

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

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.20

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, Wintersemester 2000/2001

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, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.22

Ebene 7: Application Layer

Spezifische Anwendungsprotokolle

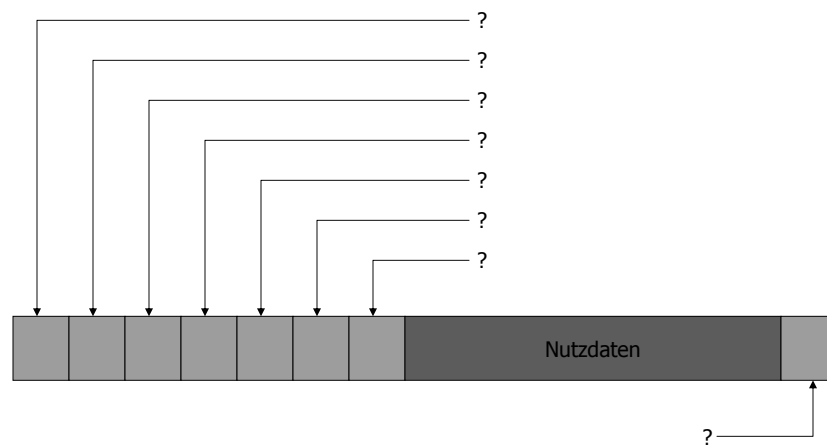
Beispiele

- 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, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.23

Aufbau einer Ebene 7-Nachricht



Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001

Folie 2.24

Router

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

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 2.25

Gateway

Was kann ein Gateway spezifisch unterbunden?

Verteilte Systeme, Wintersemester 2000/2001 Folie 2.26