

# Informatik II

SS 2005

Kapitel 8: Computernetzwerke (Telematik)



Dr. Michael Ebner  
Dipl.-Inf. René Soltwisch

Lehrstuhl für Telematik  
Institut für Informatik

## Überblick

- **Grundlagen von Netzen**
- Grundlegende Protokollmechanismen
- Lokale Netze und Zwischensysteme (Schicht 2 und 3)
- Internet-Technologien (Schicht 3 und 4)

## Literatur (1/5)

- Foliensätze (aus denen ev. teilweise Folien übernommen wurden):
  - Prof. Dr. S. Fischer, Universität Lübeck (ehemals Universität Braunschweig):  
<http://www.ibr.cs.tu-bs.de/lehre/ss04/bsn/>  
(Foliensatz dient als Grundlage dieses Kapitels)
  - J. F. Kurose & K. W. Ross: „Computernetze: Ein Top-Down-Ansatz mit Schwerpunkt Internet“, Pearson Studium (Addison-Wesley), ISBN 3-8273-7017-5, 2002 (Top-Down Ansatz nach Schichtenmodell)
  - Stallings: „Data & Computer Communications“, Prentice Hall, ISBN 0-13-086388-2: <http://williamstallings.com/DCC6e.html>

## Literatur (2/5)

- **Bitte achten Sie immer auf die neusten Ausgaben der Bücher!!!**
- Grundlagen/Allgemeines
  - J. F. Kurose & K. W. Ross: „Computernetze: Ein Top-Down-Ansatz mit Schwerpunkt Internet“, Pearson Studium (Addison-Wesley), ISBN 3-8273-7017-5, 2002 (Top-Down Ansatz nach Schichtenmodell)
  - G. Krüger & D. Reschke: „Lehr- und Übungsbuch Telematik --- Netze – Dienste – Protokolle“, Fachbuchverlag Leipzig (Carl-Hanser), 2. Auflage, ISBN 3-446-22073-9, 2002 (Gutes Lehrbuch, wegen kompakter Darstellung)
  - A. S. Tanenbaum: „Computernetzwerke“, Pearson Studium (Prentice-Hall), 4. überarb. Auflage, ISBN 3.8273-7046-9, 2003 (Bottom-Up Ansatz nach Schichtenmodell)
  - Douglas E. Comer: „Computernetzwerke und Internets mit Internet-Anwendungen“, Pearson Studium (Prentice-Hall), 3. überarb. Auflage, ISBN 3-8273-7023-X, 2002 (Sehr auf Internet-Technologien fixiert)
  - Rechenberg & Pomberger: „Informatik-Handbuch“, Hanser Verlag, ISBN 3-446-21842-4

## Literatur (3/5)

- Details zu TCP/IP
  - W. Richard Stevens: „TCP/IP Illustrated Volume 1-3“, Pearson Education (Addison-Wesley),
    - W. Richard Stevens: „TCP/IP Illustrated, The Protocols“, Pearson Education, Volume 1, ISBN 0-201-63346-9
    - W. Richard Stevens: „TCP/IP Illustrated, The Implementation“, Pearson Education, Volume 2, ISBN 0-201-63354-X
    - W. Richard Stevens: „TCP/IP Illustrated, TCP for Transactions, HTTP, NNTP, and the UNIX Domain Protocols“, Pearson Education, Volume 3, ISBN 0-201-63495-3
  - Douglas Comer: „Internetworking with TCP/IP“
    - Volume 1: „Principles, Protocols and Architecture“, ISBN 0130183806
    - Volume 2: „ANSI C Version: Design, Implementation, and Internals“, ISBN 0139738436
    - Volume 3: „Client-Server Programming and Applications, Linux/Posix Sockets Version“, ISBN 0130320714

## Literatur (4/5)

- Programmierung
  - W. Richard Stevens: „UNIX Network Programming“, Prentice-Hall, 2. Auflage
    - W. R. Stevens: „UNIX Network Programming --- Networking APIs: Sockets and XTI“, Prentice-Hall, Volume 1, 2. Auflage, ISBN 0-13-490012-x
    - W. R. Stevens: „UNIX Network Programming --- Interprocess Communication“, Prentice-Hall, Volume 2, 2. Auflage, ISBN 0-13-081081-9

## Literatur (5/5)

- Weiterführende Themen
  - Mobilkommunikation
    - Jochen Schiller: „Mobilkommunikation“ Pearson Studium (Addison-Wesley), 2. überarb. Auflage, ISBN 3-8273-7060-4, 2003
  - Verteilte Systeme
    - G. Coulouris: „Verteilte Systeme – Konzepte und Design“, Pearson Studium (Addison-Wesley), 3. überarb. Auflage, ISBN 3-8273-7022-1, 2002
    - A. Tanenbaum: „Verteilte Systeme - Grundlagen und Paradigmen“, Pearson Studium (Prentice-Hall), ISBN 3-8273-7057-4, 2003
  - Kombination Kommunikation und Kooperation (Kommunikation und Datenbanken)
    - s. Abeck, P.C. Lockemann, J. Schiller, J. Seitz: „Verteilte Informationssysteme – Integration von Datenübertragungstechnik und Datenbanktechnik“, dpunkt Verlag, ISBN 3-89864-188-0, 2003

## Überblick

- Grundlagen von Netzen
  1. Grundlagen
  2. Übertragungsmedien
  3. Übertragungssysteme
  4. Netztopologien und Medienzuteilung
  5. Dienste und Protokolle
  6. ISO/OSI Referenzmodell
  7. Internet-Schichtenmodell
- Grundlegende Protokollmechanismen
- Lokale Netze und Zwischensysteme (Schicht 2 und 3)
- Internet-Technologien (Schicht 3 und 4)

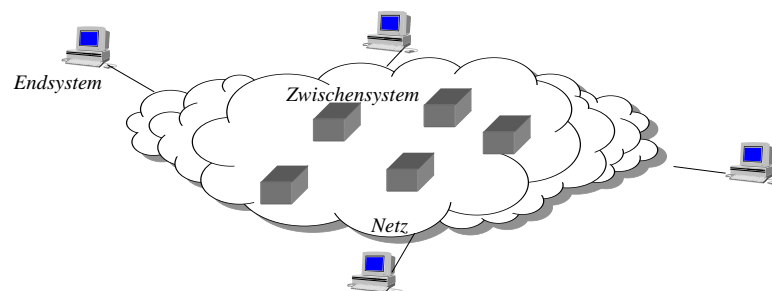
## Grundlagen

- Kommunikationsnetze stellen eine allgegenwärtige Schlüsseltechnologie dar und bilden die Grundlage der kommenden Informationsgesellschaft.
  - Geschichte der Kommunikation
    - Fackeltelegraphie (5. Jhdt. v. Chr. Griechenland)
    - drahtgebundene Telegraphie: Morse (ca. 1840)
    - Unterseekabel London - New York (1866)
    - Telefon Edison (1877)
    - öffentliche Telefonnetze (ab 1880)
    - ARPANET (Vorläufer des heutigen Internets) (ab 1969)
    - lokale Netze (z.B. Ethernet ab 1976)
    - World-Wide-Web (ca. 1990)
  - Datenkommunikation:
    - Austausch von Daten zwischen datenverarbeitenden Geräten.
  - Telekommunikation:
    - Austausch von Informationen (z.B. Sprache, Video) zwischen Menschen.
- Derzeit Integration von Datenkommunikation und Telekommunikation.

## Begriffe

- Telematik = **TELE**kommunikation und Infor**MATIK**  
(Simon Nora und Alain Minc in Ihrem Bericht an den französischen Präsidenten, 1978)
  - Historisch: Verflechtung von Rechnern und Telekommunikationsmitteln
- Andere Begriffe
  - Computernetze
  - Computernetzwerke
  - Rechnernetze
  - Kommunikationsnetze
- Aufgabengebiete
  - Praktische und Angewandete Informatik (Teilweise auch technische Informatik)
  - Technische Infrastruktur verteilter Systeme (Netze)
  - Netz-Dienste und darauf aufbauende Anwendungen
  - Regeln für Nachrichtenaustausch (Protokolle)
  - Werkzeuge zum Entwickeln verteilter Anwendungen

## Struktur eines Datennetzes



- Basiskomponenten:
  - Endsysteme
  - Zwischensysteme
  - Kommunikationsverbindungen zwischen direkt benachbarten Systemen

## Zusammenhang mit Betriebssystemen

- **Netzwerkbetriebssystem:**
  - Betriebssystem, das um Kommunikationskomponenten erweitert wurde
- **Verteiltes Betriebssystem:**
  - Betriebssystem, das intern auf Kommunikationskomponenten aufgebaut ist und die Struktur und Komplexität des Kommunikationssystems verbirgt (Transparenz).

## Ziele der Netznutzung (1/2)

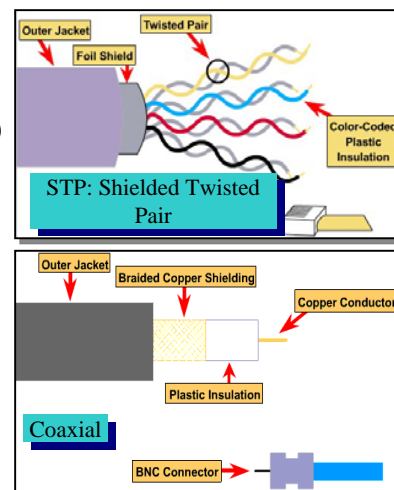
- Lastverbund:
  - Ziel: Gleichmäßige Auslastung verschiedener Ressourcen.
  - Methode: Aufteilung anfallender Spitzenlasten auf mehrere Rechner.
- Leistungsverbund:
  - Ziel: Verringerte Antwortzeiten.
  - Methode: Aufteilung einer komplexen Aufgabe in kleinere Teilaufgaben.
- Kommunikationsverbund:
  - Ziel: Übertragung von Informationen an verschiedene räumlich getrennte Orte.
  - Methode: Einsatz von Briefdiensten oder verteilten Informationssystemen.
- Datenverbund:
  - Ziel: Austausch logisch zusammenhängender Daten zwischen örtlich getrennten Systemen.
  - Methode: Zugriff auf entfernte Dateien oder verteilte Datenbanken.

## Ziele der Netznutzung (2/2)

- Wartungsverbund:
  - Ziel: Schnellere und billigere Wartung verschiedener Rechner.
  - Methode: Zentrale Störungserkennung und -behebung.
- Funktionsverbund:
  - Ziel: Bereitstellung spezieller Funktionen an verschiedenen Orten.
  - Methode: Einsatz von Spezialrechnern (Transputer, Superrechner).
- Kapazitätsverbund:
  - Ziel: Effiziente Nutzung der verfügbaren Ressourcen.
  - Methode: Versendung von Aufgaben an verschiedene Rechner und gemeinsame Nutzung spezieller Hard- und Software.
- Die Rechnernetztypen sind nicht alle scharf voneinander abzugrenzen.
- Normalerweise werden mit einem Rechnernetz mehrere Verbünde gleichzeitig realisiert.

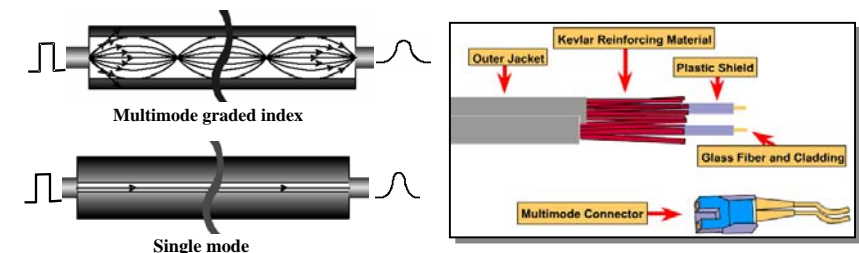
## Übertragungsmedien (1/3)

- Verdrillte Kupferkabel (twisted pair):
  - Preiswerte Technologie für niedrige Frequenzen.
  - Anfällig gegen Störungen (elektromagnetische Einstrahlungen)
- Koaxialkabel (coaxial cable):
  - Technologie für hohe bis sehr hohe Frequenzen.
  - Besteht aus einem zentralen Leiter, der von einem peripheren Leiter ummantelt ist.
  - Geringe Anfälligkeit gegen elektromagnetische Einstrahlungen.
  - Bei hohen Frequenzen aufgrund der Bauform kaum Energieverluste (geringe Dämpfung)



## Übertragungsmedien (2/3)

- Lichtwellenleiter (fibre optics):
  - Übertragung höchster Frequenzen.
  - Monomodefaser können Licht über nahezu 100 km ohne Verstärkung übertragen.
  - Leistungsfähiger und billiger als Koaxialkabel, obwohl die Anschlusstechnologie etwas komplizierter ist.



## Übertragungsmedien (3/3)

- Richtfunk (line-of-sight):
  - Moduliert das Signal auf eine elektromagnetische Welle (Träger).
  - Einsatz in Gebieten, in denen eine Verkabelung nicht praktikabel ist.
  - Zwischen Sender und Empfänger muss eine Sichtverbindung bestehen.
  - Fehlerhäufigkeit hängt von den Sichtbedingungen (Wetter) ab.
- Radiowellen (radio):
  - Ausstrahlung von elektromagnetischen Wellen in einem festgelegten Gebiet (Zelle).
  - Mobilität der Empfänger und Sender möglich.
  - Geringe Bandbreite und hohe Fehleranfälligkeit.
- Satelliten (satellites):
  - Lange Übertragungszeiten (ca. 200 ms) zwischen Sender und Empfänger.
  - Sehr hohe Frequenzen und Bandbreiten durch Mikrowellen und Multiplexing.
  - Übertragung über geostationäre Satelliten, die sich mit der Erde drehen.

## Vermittlungstechniken (1/2)

- Frage: Wie werden die Daten an einen Netzknoten weitergeleitet?
- Es sind zwei Techniken bekannt:  
Leitungsvermittlung und Speichervermittlung
- **Leitungsvermittlung** (circuit switched network):
  - Vom Sender zum Empfänger wird eine durchgängige physikalische Leitung etabliert.
  - Eine Kommunikation findet in folgenden Phasen statt:
    - 1. Verbindungsaufbau
    - 2. Datenaustausch
    - 3. Verbindungsabbau
  - Nach dem Verbindungsaufbau steht die Bandbreite dem Sender vollständig zur Verfügung (reservierte Bandbreite).
  - Beispiel: Telefonverbindungen, DATEX-L

## Vermittlungstechniken (2/2)

- **Paket- bzw. Speichervermittlung** (packet switched network):
  - Nachrichten werden in kleine Einheiten, so genannte *Pakete* (packets), zerlegt.
  - Vom Sender existiert lediglich eine durchgängige Leitung zur nächsten Relais-Station.
  - Relais-Stationen nehmen Pakete entgegen und leiten sie in Richtung des Ziels weiter.
  - Relais-Stationen müssen die Wege zu den einzelnen Zielen kennen (Wegewahl).
  - Die Bandbreite zwischen Relais kann besser genutzt, aber auch überverplant werden.
  - Beispiel: DATEX-P, Internet

## Kommunikationsformen (1/2)

- Frage: Welche Kommunikationsformen gibt es?
- Es können u.a. folgende Formen unterschieden werden:
  - Verbindungsorientiert und verbindungslos
    - Expliziter Verbindungsaufbau oder nicht
  - Unidirektional und bidirektional
    - Kommunikation nur in eine oder beide Richtungen möglich
  - Blockierend und nicht blockierend
    - Sender wird blockiert und muss auf Antwort warten oder wird nicht blockiert
  - etc.

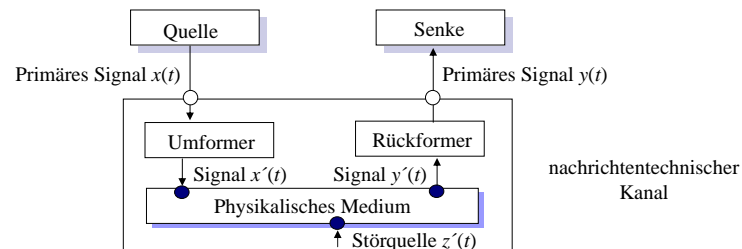
## Kommunikationsformen (2/2)

- **Verbindungsorientierte** Kommunikation (connection oriented, CO):
  - Jede Kommunikation erfordert zunächst den Aufbau einer Verbindung zum Kommunikationspartner (Signalisierung).
  - Verbindungsorientierte Kommunikation kann auf Leitungs- und Speichervermittlungssystemen realisiert werden.
  - Die Adresse des Empfängers wird **nur** beim Verbindungsaufbau angegeben.
  - Ausfälle von Netzkomponenten führen zum (bemerkbaren) Verbindungsabbruch.
- **Verbindungslose** Kommunikation (connectionless, CL):
  - Datenaustausch kann jederzeit ohne speziellen Verbindungsaufbau beginnen.
  - Verbindungslose Kommunikation kann auf Leitungs- und Speichervermittlungssystemen realisiert werden.
  - Jede versendete Nachricht muss **vollständige** Adressinformationen besitzen.
  - Ausfälle und Störungen können zu unbemerkten Verlusten von Nachrichten führen.

## Matrix von 2 Kommunikationsformen

	Leitungs- vermittlung	Paket- vermittlung
Verbindungs- -los	IP über feste ATM-Strecken	UDP über IP im Internet; NFS-Anwendung
Verbindungs- -orientiert	Telefon	TCP über IP im Internet; Email; FTP

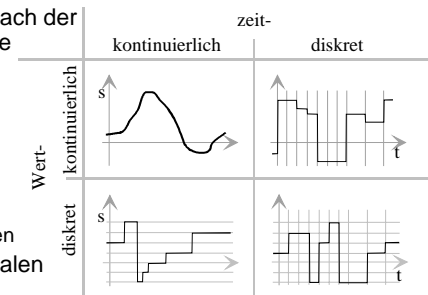
## Übertragungssysteme



- **Medium**
  - Das Medium überbrückt die räumliche Distanz zwischen Quelle und Senke.
  - Zahlreiche Störeinflüsse auf das Medium sind möglich.
  - Signal  $y'(t)$  ist vom zeitlichen Verlauf von  $x'(t)$  und der Störgröße  $z'(t)$  bestimmt.
- **Nachrichtentechnischer Kanal**
  - Besteht aus Umformer, Rückformer, physikalischem Medium und Störquelle.
  - Vom inneren Aufbau wird abstrahiert; interessant ist, welche Formen von Primärsignalen mit welcher Leitung übertragen werden können.

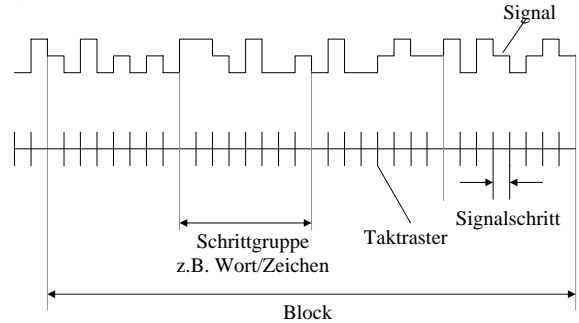
## Signalklassen

- Ein nachrichtentechnischer Kanal kann nach der Klasse der unterstützten primären Signale klassifiziert werden.
- wertkontinuierliche und zeitkontinuierliche Signale
  - z.B. Rundfunk, analoges Telefon
- wertkontinuierliche und zeitdiskrete Signale
  - z.B. Steuerung von technischen Prozessen
- wertdiskrete Signale (Grundlage der digitalen Übertragung)
  - bei zeitkontinuierlichen Digitalsignalen können die Signalwerte zu beliebigen Zeitpunkten wechseln, unter Beachtung eines Mindestzeitintervalls zwischen Signaländerungen
  - bei zeitdiskreten Digitalsignalen ist in der Regel ein isochrones Zeitraster für die Signaländerung vorgesehen

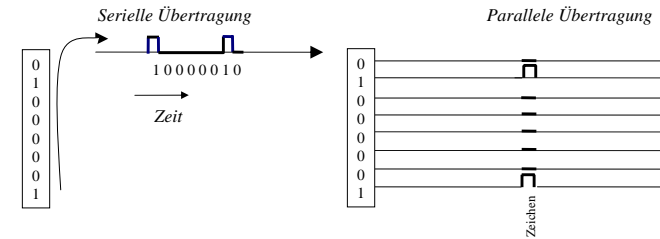


### Signalschritte

- Ein digitales Signal  $x(t)$  wird durch eine zeitliche Folge von Signalschritten gebildet.
- Aufeinanderfolgende Schritte eines Signals werden zu Gruppen zusammengefasst
- Wörter: kleinere Gruppen (z.B. 7,8) einer festen Anzahl von Schritten
- Blöcke: größere Gruppen einer eventuell variablen Anzahl von Schritten



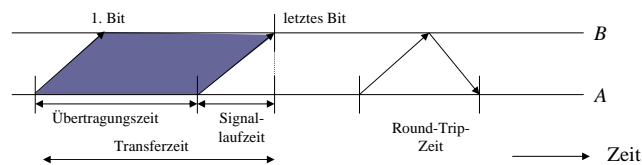
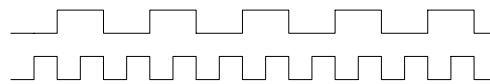
### Serielle und parallele Übertragung



- Seriellübertragung
  - Bitstellen werden in festgelegter Reihenfolge seriell übertragen.
  - Bei vorhandener Wortstruktur reihen sich die Worte seriell aneinander.
  - Typisch bei Übertragungen über größere Distanzen.
- Parallelübertragung
  - Zwischen Quelle und Senke werden mehrere Verbindungen parallel geschaltet.
  - Bei einer Wortlänge von 8 Bit und 8 Verbindungen kann ein ganzes Wort in einem Schritt übertragen werden.
  - Wird bei kürzeren Entfernungen (z.B. Anschluss von Druckern) eingesetzt.

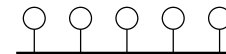
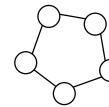
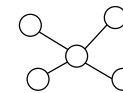
### Parameter eines Kanals

- Bandbreite (bandwidth)
  - Übertragbare Datenmenge pro Zeiteinheit
  - Ethernet 10 Mbit/s, Fast Ethernet 100 Mbit/s
- Bitbreite (bitwidth)
  - Zeit, die zur Übertragung eines Bits benötigt wird (ca. 1 Mikrosekunde bei 1 Mbit/s)
- Verzögerung (delay)
  - Zeit, um eine Nachricht von der Quelle zur Senke zu übertragen



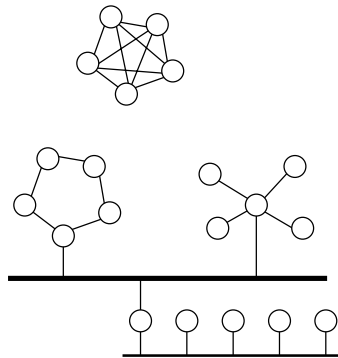
### Netztopologien und Medienzuteilung

- Stern
  - einfache Wegwahl
  - geringe Ausfallsicherheit
- Ring
  - einfache Wegwahl
  - geringe Ausfallsicherheit
  - hoher Aufwand für die Steuerung
- Bus
  - Stationen teilen sich ein Medium
  - gute Ausfallsicherheit
- Liniennetz
  - konzeptionell einfach
  - mittlere Ausfallsicherheit
  - Position im Netz beeinflusst Übertragungszeiten



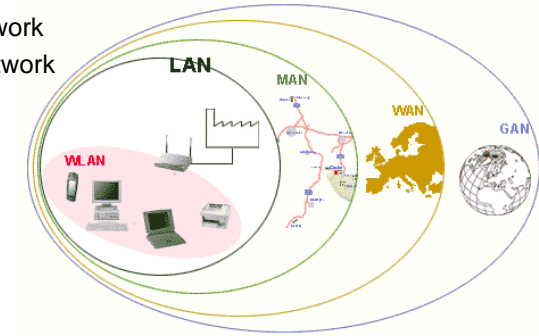
### Netztopologien

- **Vermaschtes Netz**
  - keine Vermittlung notwendig
  - gute Ausfallsicherheit
  - $n(n-1)/2$  Verbindungen bei  $n$  Knoten
- **Backbone-Netze**
  - Kopplung von Netzen zu größeren Einheiten
  - meist hierarchische Struktur
  - Ausfallsicherheit direkt abhängig von der Zuverlässigkeit der Verbindungselemente
  - passt sich gut in bestehende hierarchische Organisationsformen ein
- Die logische Struktur eines Netzes kann sich von der physikalischen Struktur unterscheiden (z.B. logischer Ring auf einem physikalischen Bus).



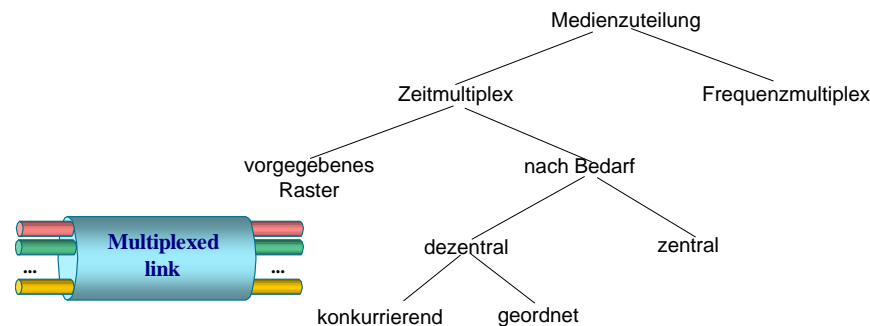
### Netzwerkkategorien

- PAN = Personal Area Network
- LAN = Local Area Network
- WLAN = Wireless Local Area Network
- MAN = Metropolitan Area Network
- WAN = Wide Area Network
- GAN = Global Area Network



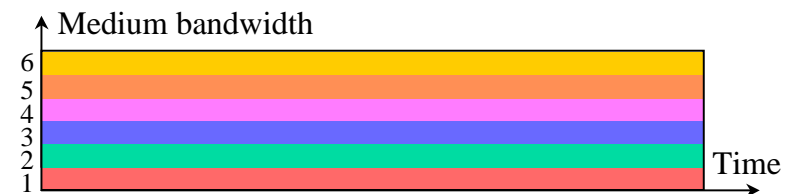
### Formen der Medienzuteilung

- Benutzen mehrere Systeme ein physikalisches Medium gemeinsam, dann muss das Medium nach einem wohldefinierten Verfahren den Systemen zur Datenübertragung zugeteilt werden.



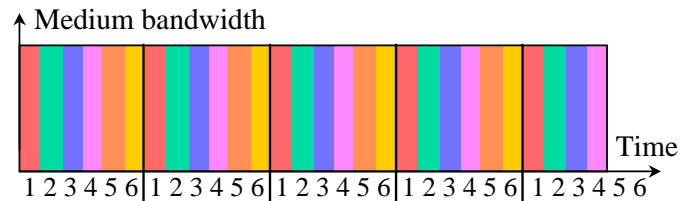
### Frequenzmultiplex

- Breitbandige Übergangswege ermöglichen die Unterbringung vieler Übertragungskanäle in unterschiedlichen Frequenzbereichen (Frequenzbändern).
  - Verfügbare Bandbreite wird in eine Reihe - nicht notwendigerweise gleichbreite - Frequenzbänder eingeteilt.
  - Jedem Frequenzband wird ein Übertragungskanal zugeordnet.
- Beispiel:
  - Kabelnetze zur Übertragung von Fernseh- und Radioprogrammen



## Zeitmultiplex

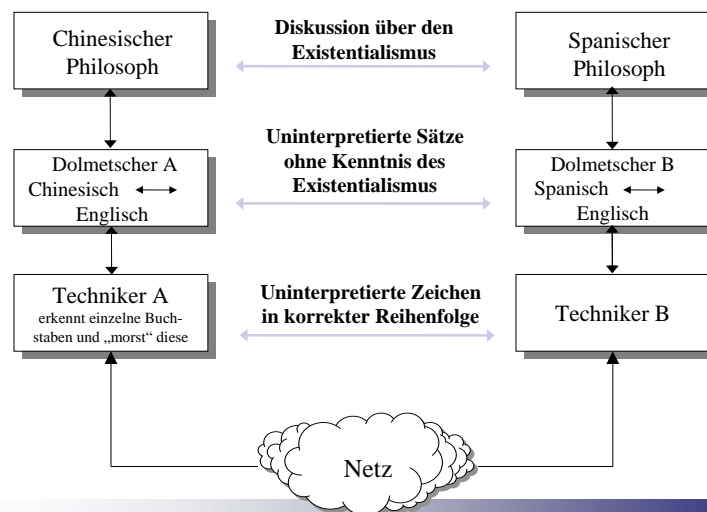
- Beim Zeitmultiplex wird kurzzeitig die gesamte Übertragungskapazität einem Sender zur Verfügung gestellt.
  - Ein starres Zeitmultiplex wird als time division multiplexing (TDM) bezeichnet.
  - Beim bedarfsgesteuerten Zeitmultiplex werden die Zeitscheiben je nach Bedarf vergeben.
  - Bedarfsgesteuertes Zeitmultiplex wird auch als statistisches Zeitmultiplex (statistical time multiplexing, STDM) bezeichnet.



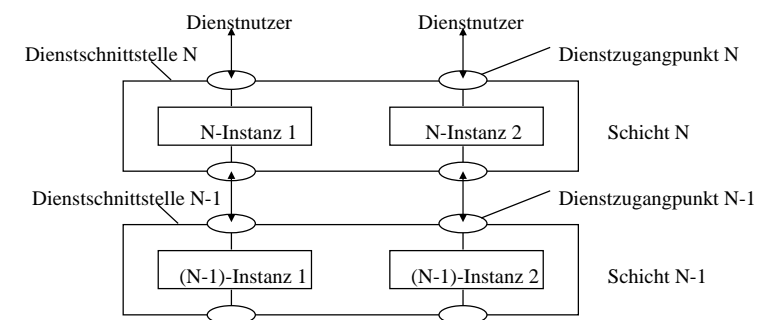
## Dienste und Protokolle

- Die von einem Netz bereitgestellten Funktionen werden abstrakt als **Dienst** bezeichnet.
- Die einzelnen elementaren Funktionen werden als **Dienstprimitive** bezeichnet. Typische ISO/OSI Dienste sind:
  - Request: Anforderung eines Dienstes
  - Indication: Anzeige, daß ein Dienst angefordert wurde
  - Response: Reaktion des Dienstes auf eine Dienstanzeige
  - Confirmation: Bestätigung, daß ein angeforderter Dienst erbracht wurde
- Die Schnittstellen, über die die Dienstprimitive in Anspruch genommen werden können, werden als **Dienstzugangspunkte** (service access point, SAP) bezeichnet.
- Die Dienste werden von sogenannten **Instanzen** (entities) erbracht.
- Die Regeln, nach denen sich Instanzen verhalten und mit anderen Instanzen interagieren, werden als **Protokoll** bezeichnet.

## Kommunikation in Schichten



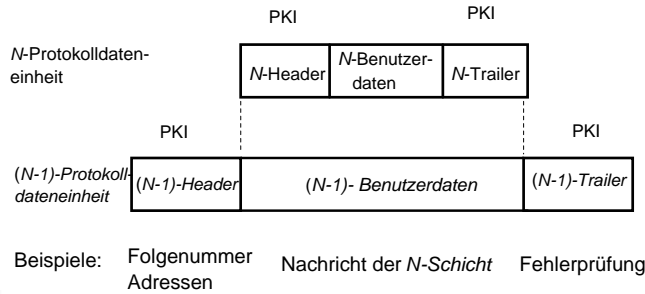
## Darstellung und Schichtung von Diensten



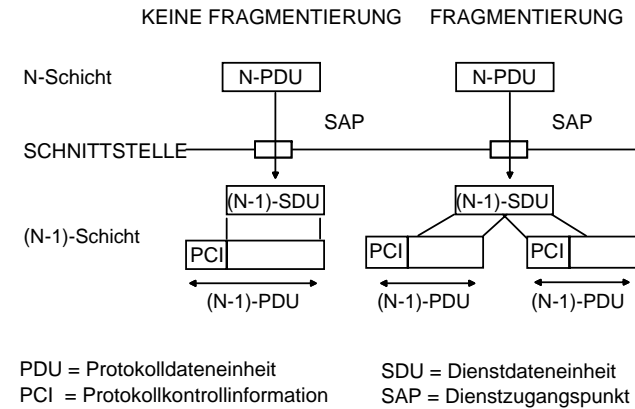
- Die Bildung von Schichten ist ein grundlegendes Prinzip zur Strukturierung von Kommunikationssystemen.
- Dienste einer Schicht dürfen immer nur Dienstprimitive von Diensten in direkt benachbarten Schichten in Anspruch nehmen.

### Protokolldateneinheit (1/2)

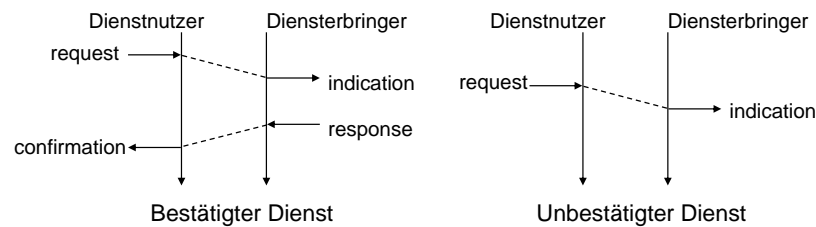
- Eine Protokolldateneinheit (PDU, Protocol Data Unit) ist eine Informationseinheit, die zwischen Partnerinstanzen in verschiedenen Stationen als Teil des Protokolls ausgetauscht wird.
- Als Dienstdateneinheit (SDU, Service Data Unit) werden Schnittstellendaten bezeichnet, die von einer Schicht an die nächst niedrige oder umgekehrt übertragen werden.



### Protokolldateneinheit (2/2)

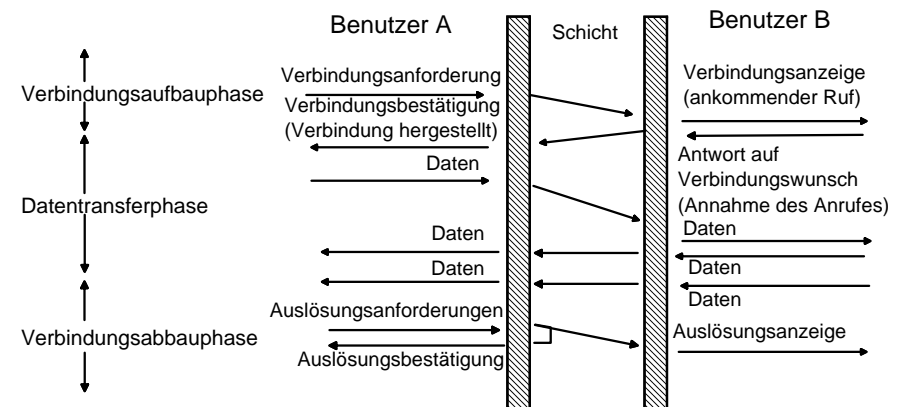


### Weg-Zeit-Diagramme



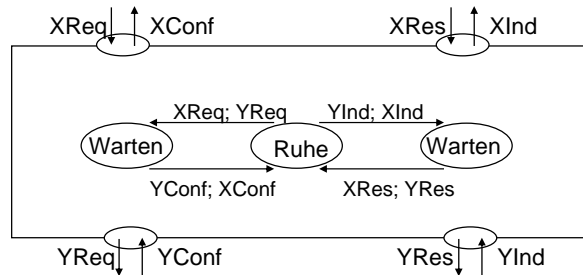
- Weg-Zeit-Diagramme verdeutlichen den zeitlichen und räumlichen Zusammenhang zwischen Dienstprimitiven.
- Die vertikale Achse ist die Zeitachse, die horizontale Achse gibt den räumlichen Abstand an zwischen Dienstnutzer und Dienstbringer an.
- Werden Dienstaufrufe (requests) grundsätzlich (positiv oder negativ) bestätigt, so handelt es sich um einem bestätigten Dienst (confirmed service).
- Werden Dienstaufrufe (requests) nicht bestätigt, so handelt es sich um einen unbestätigten Dienst (unconfirmed service).

### Weg-Zeit-Diagramme: Beispiel



## Darstellung und Spezifikation von Protokollen

- Darstellung von Protokollen mit endlichen Automaten:



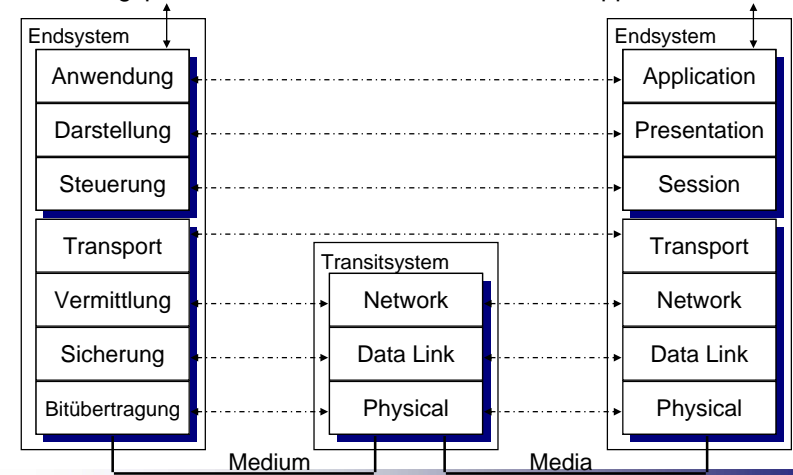
- Spezifikationsmöglichkeiten für Protokolle:

- natürliche Sprache
- Formale Modelle (erweiterte endliche Automaten, attributierte Grammatiken, Petrinetze, Prozessalgebra, temporale Logik)
- Spezifikationssprachen (LOTOS, Estelle, SDL)

## Das ISO/OSI-Referenzmodell

## Anwendungsprozeß

## Application Process



## ISO/OSI-Transportsystem (1/2)

- Bitübertragungsschicht (physical layer):

- Übertragung einer Folge von Bits über ein Medium
- Festlegung von Eigenschaften des benutzten Mediums
- Darstellung der Werte 0 und 1 (z.B. Spannungswerte)
- Synchronisation zwischen Sender und Empfänger
- Festlegungen von Steckernormen

- Sicherungsschicht (data link layer):

- Übertragung einer Bitfolge in Rahmen (frames)
- Datenübertragung zwischen Systemen, die ein gemeinsames Medium besitzen
- Erkennung und Behebung von Übertragungsfehlern
- Flusssteuerung zur Behandlung von Überlastsituationen
- Realisierung meist in Hardware auf Adapterkarten

## ISO/OSI-Transportsystem (2/2)

- Vermittlungsschicht (network layer):

- Bestimmung eines Weges durch das Netz
- Multiplexen von Endsystemverbindungen über eine Zwischenverbindung
- Fehlererkennung und -behebung zwischen Endsystemen
- Flusssteuerung zwischen Endsystemen
- Aufteilung eines Pakets in Rahmen

- Transportschicht (transport layer):

- Ende-zu-Ende Kommunikationskanäle zwischen Applikationen
- Virtuelle Verbindungen über verbindungslose Datagrammdienste
- Fehlererkennung und -behebung zwischen Applikationen
- Flusssteuerung zwischen Applikationen
- Verschiedene Dienstgüten möglich

## ISO/OSI-Anwendersystem

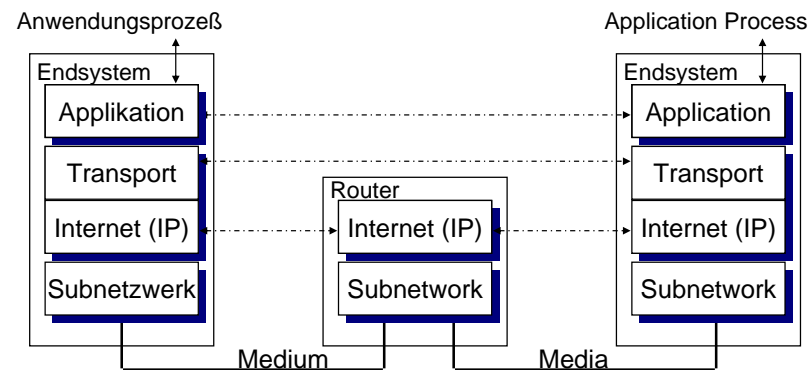
- Sitzungsschicht (session layer):
  - Synchronisation und Koordination von kommunizierenden Prozessen
  - Dialogsteuerung (Sicherungspunkte)
- Darstellungsschicht (presentation layer):
  - Transformation und Anpassung von Datendarstellungen
  - Serialisierung von Datenstrukturen zum Zweck der Übertragung
  - Datenkompression
- Anwendungsschicht (application layer):
  - Bereitstellung von grundlegenden Diensten, die direkt von beliebigen Anwendungen benutzt werden können:
  - Dateitransfer, virtuelle Terminals, Namensraumverwaltung, Datenbankzugriff, Netzwerkmanagement, elektronische Nachrichtensysteme, Prozess- und Maschinensteuerung, ...

## ISO/OSI-Standardisierung

- Die International Organization for Standardization (ISO) ist eine freiwillige, nicht per Staatsvertrag geregelte Organisation zur internationalen Normung.
- Die Mitglieder der ISO setzen sich aus den Normungsinstituten der einzelnen Mitgliedsländer zusammen (ANSI für die USA und DIN für Deutschland).
- Die Standards der ISO werden in ca. 200 technischen Komitees (TCs) durch deren Unterkomitees (SCs) und Arbeitsgruppen (WGs) erstellt.
- ISO-Standardisierungsmodell:
  - Entwurfsvorschlag (draft proposal, DP)
  - Entwurf (draft international standard, DIS)
  - Standard (international standard, IS).

Die jeweiligen Übergänge bedürfen Mehrheiten (Abstimmungen) und können sich mehrmals zyklisch wiederholen.
- Die **Open Systems Interconnection** (OSI) beschreibt den Teil der Standards, der sich mit der Kommunikation in offenen (Kommunikations-) Systemen befasst.

## Das Internet-Schichtenmodell



## Internet-Standardisierung

- Die Standardisierung der Internet-Protokolle wird durch die Internet Engineering Task Force (IETF) durchgeführt. Kontrolliert wird die IETF durch die Internet Engineering Steering Group (IESG).
- Die IETF ist eine offene Organisation, bei der prinzipiell jeder mitarbeiten kann. (Es gibt keine Mitgliedschaftspflicht bzw. -gebühren oder dergleichen.)
- Internet-Standards werden in Arbeitsgruppen (working groups, WGs) ausgearbeitet, die wiederum in verschiedenen Bereichen (areas) organisiert sind.
- IETF-Standardisierungsmodell:
  - Vorgeschlagerener Standard (proposed standard)
  - Vorläufiger Standard (draft standard)
  - Internet Standard (full standard)

Die jeweiligen Übergänge erfordern "rough consensus" und Implementationen. Zyklische Wiederholungen sind begrenzt möglich.
- Die IETF befasst sich ausschließlich mit Standards rund um das Internet.

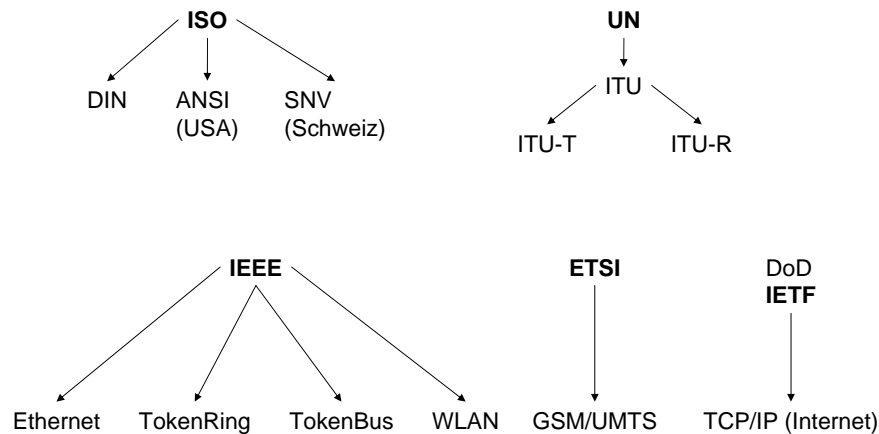
## Eigenschaften der Modelle (1/2)

- Das Internet-Protokoll (IP) stellt sehr geringe Anforderungen an ein Subnetzprotokoll (Übertragung eines Pakets an eine Zieladresse).
- Fast alle Netzwerktechnologien (nicht nur der Schicht 2) können als Subnetzwerk benutzt werden.
- Das Internet-Protokoll (IP) schafft eine gemeinsame Basis, die leicht an neue Netzwerktechnologien angepasst werden kann.
- Andererseits ist der Adressraum der derzeitigen IP Version 4 (IPv4) zu klein, um dem Bedarf nach Adressen zu befriedigen, weshalb eine Umstellung zur Version 6 (IPv6) erfolgen muss.

## Eigenschaften der Modelle (2/2)

- Die Internet-Architektur stammt aus der Computerwelt und hat entsprechend geeignete Programmierschnittstellen.
- Die ISO/OSI-Architektur stammt aus der Telekommunikationswelt und ist mehr auf die Bedürfnisse der klassischen Telekommunikation zugeschnitten.
- Implementationen von Internet-Protokollen sind meist frei zugänglich, was deren Verbreitung und Verbesserung in kurzen Zeitintervallen ermöglicht.
- ISO/OSI-Protokolle werden von formalen Standardisierungsgremien entworfen, was sehr zeitaufwändig ist und oftmals zu komplexen Resultaten führt.

## Standardisierung: Zusammenfassung



## Überblick

- Grundlagen von Netzen
- **Grundlegende Protokollmechanismen**
- Lokale Netze und Zwischensysteme (Schicht 2 und 3)
- Internet-Technologien (Schicht 3 und 4)

## Protokollmechanismen die alle Schichten betreffen

- **Namensgebung (Naming):** Identifikation von Objekten/Ressourcen
- **Segmentieren und Blocken**
- **Verbindungen und Multiplexen**
- **Synchronisation:** Kontrolle in einer Umgebung mit unvorhersehbarer Verzögerung und Fehlverhalten
- **Fehlerüberwachung:** Fehlererkennung und -behebung
- **Flusskontrolle/Staukontrolle**
- **Prioritäten**

## Namensgebung/Naming (1/2)

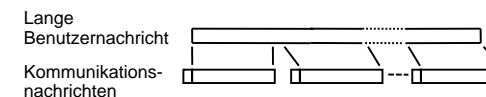
- **Identifizieren** (Bezeichnen) ist das Herzstück eines Rechensystementwurfs, sowohl verteilt als auch zentralisiert
  - Der **Name** einer Ressource zeigt an, **was** wir suchen,
  - eine **Adresse** zeigt an, **wo** wir es finden, und
  - eine **Route** sagt uns, **wie** man dort hingelangt.
- **Bezeichner** werden in allen Schichten benötigt, für z.B.
  - Schutz
  - Fehlerüberwachung
  - Ressourcenverwaltung
  - Lokalisieren und gemeinsamen Nutzen von Ressourcen
- **Bezeichner** können sehr unterschiedlich sein:
  - von Namen hoher Ebenen bis Adressen niedriger Ebenen
  - von benutzerorientierten Namen bis zu maschinenorientierten Adressen

## Namensgebung/Naming (2/2)

- Namen werden auf Adressen abgebildet (**Binding**)
  - **statisch:** zur Übersetzungszeit eines Programms
  - **dynamisch:** zur Ausführungszeit (Dynamisches Binding wird oft mit **Nameservern** gemacht)
- Eine **logische** Sichtweise (System ist Raum von benannten Objekten) gilt gegenüber einer physikalischen Sichtweise (System ist Raum von Hoststationen, die Objekte enthalten) als **Ideal**.

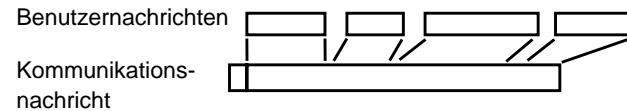
## Segmentieren und Reassemblieren

- Manche Benutzerdaten sind zu umfangreich, um als eine einzige Nachricht übertragen zu werden.
- Einteilung in kleinere Pakete.
  - Interne Puffer in den verschiedenen Schichten haben endliche Größe
  - extrem lange Nachrichten monopolisieren gemeinsam genutzte Übertragungswege und andere Ressourcen
  - Aufbrechen einer langen Nachricht in kleinere Pakete erlaubt parallele Benutzung von Mehrfachverbindungen (load sharing)
  - bei hoher Fehlerrate kann bessere Nutzleistung mit kürzeren Nachrichten erreicht werden.
  - Die meisten Netze unterstützen nur Nachrichten bis zu einer bestimmten maximalen Länge (siehe Maximum Transmission Unit, MTU)



## Blocken und Entblocken

- Auch zu kleine Nachrichten sind ungünstig.
- Der Verwaltungsaufwand muss in vernünftigem Verhältnis zu den Nutzdaten stehen.

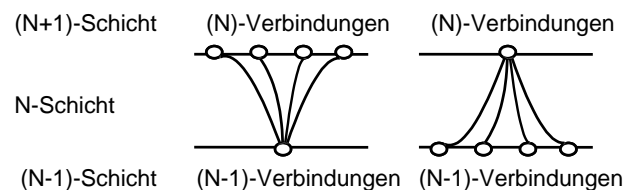


## Verbindungen

- Kommunikationsverbindungen werden benötigt, um **mehrere** Nachrichten von Quelle zu Ziel zu transferieren.
- Verbindungen bewahren Zustandsinformation zwecks:
  - Wiederaufsetzen nach Fehlern
  - Übergabe in der richtigen Reihenfolge
  - Segmentieren/Reassemblieren und Blocken/Entblocken
- Eine Verbindung ist ein **Nachrichtenstrom** zwischen zwei kommunizierenden Instanzen.

## Multiplexen und Demultiplexen

- **Multiplexing** (bündeln) verschiedener **logischer** Verbindungen auf eine physikalische.
- **Aufwärts-Multiplexen** (Multiplexen/Demultiplexen): Verbindungen einer höheren Schicht auf eine Verbindung einer niedrigeren Schicht.
- **Abwärts-Multiplexen** (Teilen/Vereinigen): Eine Verbindung einer höheren Schicht auf mehrere Verbindungen einer niedrigeren Schicht.



## Fehlerüberwachung (2/2)

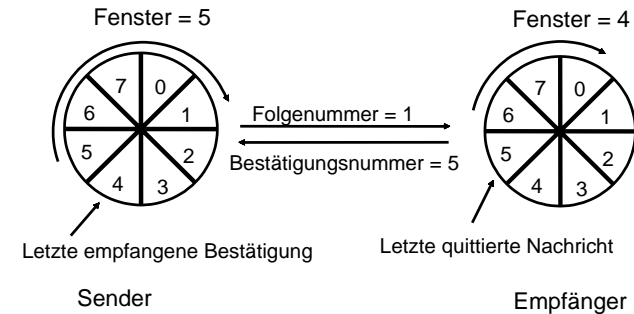
- Hauptaufgabe der Protokolle: **zuverlässige** Kommunikation
- Drei Aspekte:
  - Erkennung von Fehlern
  - Korrektur von Fehlern
  - Wiederaufsetzen nach Fehlern (Recovery)
- Typische Probleme:
  - Informationsverfälschung (Bitfehler)
  - Verlust von Nachrichten
  - Verdopplung von Nachrichten
  - Nachrichten in falscher Reihenfolge
- Typische Lösungen:
  - Die meisten Protokolle beheben Fehler durch automatische **Wiederholung** der Übertragung.
  - Fehler in der Nachricht: Einfügen **redundanter** Information
  - Reihenfolgefehler: Vergabe einer **Folgennummer**

## Fehlerüberwachung (2/2)

- Es gibt auch **nichtbehebbar**e Fehler. Dann müssen ev. mehrere Schichten **reinitialisiert** werden.
- Beispiele: Fehlererkennung und –korrektur in Schicht 2
  - Fehlererkennung durch redundante Information, an der der Empfänger eine Verfälschung erkennt.
  - Parity Check: Es werden Bitfolgen betrachtet (zumeist Bytes). Ist die Quersumme gerade, wird an die Bitfolge eine 0 angefügt (gerade Parität) andernfalls eine 1 (ungerade Parität)
  - Block Check: Eine Folge von Bytes wird als Block aufgefaßt. Es werden Zeilen- und Spaltenquersummen gebildet und zum Block hinzugefügt.
  - Cyclic Redundancy Checksum (CRC): Am häufigsten verwendete Methode (z.B. HDLC, SDLC).

## Flusskontrolle

- Überwachung des Informationsflusses zwischen Sender und Empfänger, um zu verhindern, dass der Sender den Empfänger überflutet.
- z.B. Fensterflusskontrolle



## Synchronisation (1/3)

- Für die Kommunikation zwischen zwei Prozessen über ein Netzwerk muss Synchronisation auf verschiedenen Ebenen sichergestellt sein:
- Bit-Synchronisation:
  - Empfänger muss Anfang und Dauer eines Signalelements bestimmen.
  - Abtasten der Leitung in bestimmten Abständen
- Byte-Synchronisation:
  - Austausch von Zeichen meist in 8-Bit-Einheiten (1 Byte)
  - Empfänger muss Anfang und Ende eines Byte bestimmen können
- Block-Synchronisation:
  - Daten werden in Blöcken zu mehreren Bytes zusammengefasst (z.B. eine Nachricht)
  - Die Bedeutung eines Bytes hängt von der Position im Block ab

## Synchronisation (2/3)

- Beispiel für Blocksynchronisation:

Syn.-Zeichen	Start	Kopf	Benutzerdaten	Blockprüfung	Ende
--------------	-------	------	---------------	--------------	------

SYN.-ZEICHEN	- Das Bitmuster, um Bytesynchronisation zu erreichen
START	- Kennung für den Beginn einer Nachricht
KOPF	- Protokollkontrollinformation
BENUTZERDATEN	- Information der nächsthöheren Ebene
BLOCKPRÜFUNG	- Fehlererkennung bzw. Korrekturinformation
ENDE	- Kennung für das Ende einer Nachricht

- In *High Level Data Link Control* (HDLC) sieht der Synchronisationsblock folgendermaßen aus: 01111110
  - HDLC (bzw. eine Abwandlung davon) ist z.B. das Schicht2-Protokoll von ISDN (Integrated Services Digital Network), X.25 und PPP (Point to Point Protocol)

## Synchronisation (3/3)

- Zugang zum Übertragungsmedium:
  - bei gemeinsamer Nutzung
  - ein Benutzer darf nur zu einer bestimmten Zeit Zugriff haben
  - der Zugriff muss fair sein
- Protokollsynchronisation:
  - kommunizierende Partnerinstanzen haben Zustandsinformation (z.B. Sequenznummer)
  - nach Fehlern und Neustart muss Zustandsinformation konsistent gemacht werden
- Prozesssynchronisation:
  - Synchronisation bei Zugriff auf gemeinsam genutzte Ressource (z.B. Daten)

## Prioritäten

- Nachrichten eine Priorität zuweisen, um sie im Wettbewerb mit anderen zu bevorzugen
- Eine Prioritätszuweisung kann
  - statisch sein und
  - vom Nachrichteninhalt abhängig sein
- Die meisten Protokolle kennen zwei Prioritätsebenen
  - normaler Datentransfer
  - beschleunigter Datentransfer
- Eigenschaften beschleunigten Datentransfers
  - kurze Nachrichten, niedrige Verzögerung, können andere Überholen
  - geht an Flusskontrollmechanismen vorbei
- typische Anwendungen
  - Multimedia, Unterbrechung anzeigen, Protokollsteuerung, Alarm in Prozesssteuerungsanwendungen

## Inhalte

- Grundlagen von Netzen
- Grundlegende Protokollmechanismen
- **Lokale Netze und Zwischensysteme** (Schicht 2 und 3)
- Internet-Technologien (Schicht 3 und 4)

## Überblick

- LANs (Direktverbindungsnetze)
  - Eigenschaften und Standards
- Zwischensysteme
  - Hub/Repeater
  - Switch/Brücke
  - Router
  - Gateway

## Eigenschaften lokaler Netze

- Kennzeichen lokaler Netze (Local Area Networks, LANs):
  - Netze zur bitseriellen Übertragung von Daten zwischen unabhängigen, miteinander verbundenen Komponenten.
  - Unter rechtlicher Kontrolle des Benutzers/Betreibers und meist auf den Bereich innerhalb eines Grundstücks beschränkt.
  - Maximaler Durchmesser des Netzes im Bereich von wenigen Kilometern.
  - Relativ hohe Geschwindigkeit (10 Mbps - 1 Gbps).
  - Leichter, kostengünstiger Anschluss für Geräte unterschiedlichster Art (z.B. PCs, Workstation, Drucker, Messgeräte, ...)
  - Direktverbindungsnetze

## LAN-Entwicklung

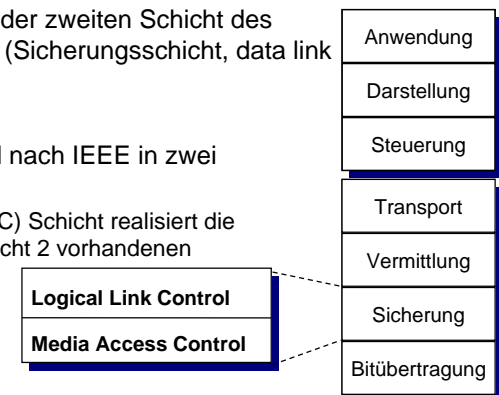
- Entwicklung der LANs seit Mitte der 70er Jahre.
- Weite Verbreitung von Ethernet und Token Ring LANs in den 80er Jahren.
- Derzeit Entwicklung von Hochgeschwindigkeit-LANs (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet)
- Stark zunehmende Verbreitung von Wireless LANs, Bluetooth
  - siehe auch Vorlesungen Mobilkommunikation I und II
- IEEE Standards für lokale Netze
  - Die gebräuchlichsten Standards für lokale Netze (local area networks, LAN) stammen von der IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).
  - IEEE-Standards für lokale Netze werden in den IEEE 802-Dokumenten veröffentlicht.
  - Einige der IEEE-Standards wurden von der ISO übernommen und als ISO-Standards mit gleichem Inhalt veröffentlicht.

## IEEE-Standards

IEEE 802.1	High Level Interface
IEEE 802.2	Logical Link Control
IEEE 802.3	CSMA/CD LANs (Produktbezeichnung Ethernet)
IEEE 802.4	Token-Bus LANs
IEEE 802.5	Token-Ring LANs
IEEE 802.6	DQDB MANs
IEEE 802.7	Broadband LANs
IEEE 802.8	Fibre Optics
IEEE 802.9	Isosynchronous LANs
IEEE 802.10	Security
IEEE 802.11	Wireless LANs
IEEE 802.12	Demand Priority Access
IEEE 802.14	Cable Modems
IEEE 802.15	Wireless Personal Area Network
IEEE 802.16	Broadband Wireless Access
IEEE 802.17	Resilient Packet Ring

## LANs im ISO/OSI-Referenzmodell

- Die LAN-Protokolle sind in der zweiten Schicht des ISO/OSI- Referenzmodells (Sicherungsschicht, data link layer) angesiedelt.
- Die Sicherungsschicht wird nach IEEE in zwei Teilschichten aufgeteilt:
  - Die logical link control (LLC) Schicht realisiert die normalerweise in der Schicht 2 vorhandenen Sicherungsfunktionen.
  - Die media access control (MAC) Schicht regelt den Zugang zum Übertragungsmedium.



## Zwischensysteme: Aufteilung der Netzwerkkomponenten

- Verkabelung (Passive Komponenten)
  - Im Gebäude (oder außerhalb) verlegte Kabel (Twisted Pair, Koaxial, Glasfaser etc.)
  - Patchfelder meist eingebaut in 19“-Schränken
  - Anschlussdosen in Räumen
  - Patchkabel zur Anbindung der Aktiven Komponenten und Clients
- Aktive Netzwerkkomponenten (meist mit Stromaufnahme)
  - Hubs 10 bzw. 100 MBit, Repeater
  - Switches (auch Kopplung von 10 MBit auf 100 MBit bzw. GBit)
  - Router (ISDN, ADSL, Interne LAN-LAN-Kopplung, WAN-Kopplung)
  - Firewalls, Application Level Gateways, Level 7 Switches etc.
- Server und Clients (Hosts/ Stationen)
  - PC's, Server, Workstations, Drucker, NAS, Scanner, etc.

## Verbindung von Netzen

- Klassifikation von Verbindungen:
  - Verbindung von homogenen Netzen über Brücken
  - Verbindung von heterogenen Netzen über Brücken oder Gateways
- Zwischensysteme
  - Repeater und Hubs (bis Schicht 1)
  - Brücken (bridges) und Switches (bis Schicht 2)
  - Router (bis Schicht 3)
  - Gateways (bis Schicht 4 oder höher)
- Diese Zwischensysteme gibt es oft nicht in Reinform, da verschiedene Funktionalitäten angeboten werden
  - z.B. Router haben oft Funktionalitäten eines Gateways, wie z.B. Port-Filter (für Firewalls)
- Die Bezeichnungen von Zwischensystemen werden auch desöfteren falsch verwendet!

## Repeater und Hub

- Ein **Repeater** ist eine aktive Netzwerkkomponente, die eine **Regenerierungsfunktion** übernimmt. Ein Repeater empfängt Signale, **verstärkt** sie und gibt sie an alle Anschlüsse weiter.
  - Ein Repeater arbeitet auf OSI-Ebene 1
  - Kann auch zur Kopplung unterschiedlicher Medien eingesetzt werden
  - Repeater besitzen keine Protokollfunktionen und verarbeitet keine Daten
- Ein **Hub** (oder auch Sternkoppler) hat die gleichen Aufgaben wie ein Repeater
  - Er bildet den Konzentrationspunkt für eine sternförmige Verkabelung zur Bildung logischer LANs.
  - Somit werden mehrere abgehende Signale erzeugt.
  - Kaskadierung ist möglich, erhöht aber nicht den Gesamtdurchsatz (im Gegensatz zu einem Switch)



## Brücke

- Eine Brücke (bridge) verbindet zwei oder mehr Netze auf Schicht 2.
  - Brücken dienen somit der Kopplung gleicher oder verschiedener Netze
    - z.B. Ethernet-Ethernet oder Ethernet-Token-Ring
  - Der Datenstrom wird **gefiltert**, weshalb nur Pakete für angeschlossene Endsysteme **weitergeleitet** werden (einfache Wegewahl entgegen der eigentlichen Schichtenfunktionalität)
  - Formatumwandlung der Datenpakete bei heterogenen Netzen
  - Netze werden partitioniert
- Brücken können somit als Mini-Firewall zur Abschottung eingesetzt werden
- Verkehrsunterscheidung
  - **Intranetz**-Verkehr: Datenstrom zwischen Endsystemen eines LANs
  - **Internetz**-Verkehr: Datenstrom zwischen Endsystemen in verschiedenen LANs, welche über eine oder mehrere Brücken miteinander verbunden sind.

## Switch

- Mischform einer Brücke und Hubs
- Mit der Verwendung eines **Switches** als Alternative zum Hub ist es möglich, jedem Anschluss die **volle** Übertragungsbandbreite eines LAN bereitzustellen. Datenpakete werden dabei nicht mehr auf allen, sondern nur noch auf dem richtigen (Ziel-) Anschluss ausgegeben.
- Es können mehrere Datenpakete, im Gegensatz zur Brücke, gleichzeitig vermittelt werden
- Kollisionen (siehe CSMA/ CD - Kollisionserkennung) können somit beim Medienzugriff nur selten auftreten und jede Station kann (theoretisch) die volle Bandbreite des Mediums in Anspruch nehmen. (erfordert Vollduplex-Übertragung, sprich für jede Richtung ein Übertragungsmedium)
- Ein Switch setzt verschiedene Geschwindigkeiten untereinander um (z.B. 10 MBit auf 100 MBit)
- Ein Switch arbeitet auf OSI-Ebene 2

## Router

- Ein **Router** ist ein Gerät, das Netzwerke koppeln und große Netzwerke in Subnetze aufteilen kann.
  - Diese Kopplung kann eine Verbindung zwischen zwei oder mehr lokalen Netzen oder die Verbindung zwischen LAN und WAN bzw. WAN und WAN sein.
  - Ein Router arbeitet auf OSI-Ebene 3 und erfüllt auch alle Aufgaben einer Brücke
  - Führen die Wegewahl anhand weltweit eindeutiger Adressen durch und sind somit die **Vermittlungseinrichtungen** des Internets und wesentliche Komponente in WANs
    - Tabellen für die Wegewahl können leicht über 50000 Einträge haben
    - Segmentieren und Reassemblieren Pakete entsprechend den Paketgrößen auf Schicht 2.
  - Haben erweiterte Fähigkeiten der Paketfilterung
  - Gehören zu den leistungsfähigsten Netzkomponenten (Datendurchsätze im Multi-Gigabit-Bereich)

## Gateway / Layer 7 Switch

- Ein **Gateway** (Anwendungs-Gateway oder Layer7 Switch/ Router) verbindet Netzwerke mit völlig unterschiedlichen Protokollen und Adressierungen. Es kann also eigentlich inkompatible Netze miteinander verbinden.
- Möglich wird dies dadurch, dass ein Gateway auf allen 7 Schichten des OSI-Modells tätig werden kann und somit im Extremfall eine ankommende Nachricht bis auf Schicht 7 entpackt, um sie dann für andere Netze passend wieder bis auf Schicht 1 zu verpacken. Es setzt also real ein Protokoll in ein anderes um und hat daher auch vollen Zugriff auf die Inhalte.
- **Ein Gateway ist ein Übergangrechner zwischen verschiedenen Netzwerken.**

## Zwischensysteme: Zusammenfassung

	Hub	Brücke	Switch	Router
Isolation des Verkehrs	Nein	Ja	Ja	Ja
Plug & Play	Ja	Ja	Ja	Nein
Optimale Wegewahl	Nein	Nein	Nein	Ja
Durchleiten ohne Zwischenspeicherung	Ja	Nein	Ja	Nein

## Überblick

- Grundlagen von Netzen
- Grundlegende Protokollmechanismen
- Lokale Netze und Zwischensysteme (Schicht 2 und 3)
- **Internet-Technologien (Schicht 3 und 4)**
  - Internet Protokoll Version 4 (IPv4)
  - Transportprotokolle UDP and TCP
  - Domain Name System (DNS)

## Internet-Entwicklung (1/2)

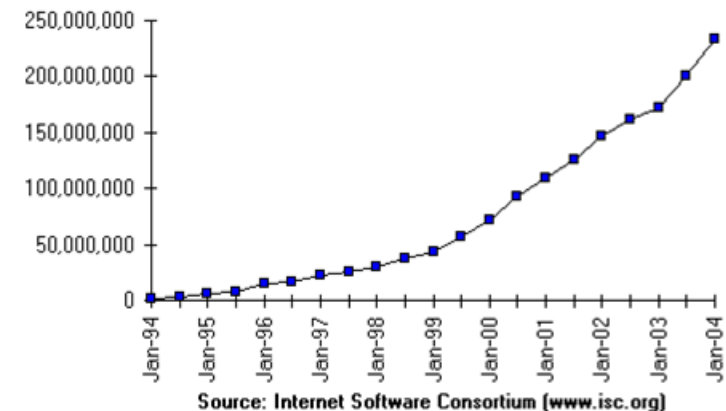
- Die Defense Advanced Research Project Agency (DARPA) der USA startet Ende der 60er Jahre ein Projekte zur Entwicklung von Internetworking-Technologie.
- Es entsteht das ARPANET, ein auf gemieteten Leitungen realisiertes *Datagramm*-Netz.
- Das ARPANET wird zum Backbone-Netzwerk zwischen den Universitäten der USA.
- Anfang der 80er Jahre wird eine Implementierung der Internet-Protokolle als Teil des BSD UNIX-Betriebssystems allgemein verfügbar.
- Das BSD UNIX erhält eine Socket-Programmierschnittstelle, mit der sich relativ einfach netzwerkfähige Applikationen entwickeln lassen.

## Internet-Entwicklung (2/2)

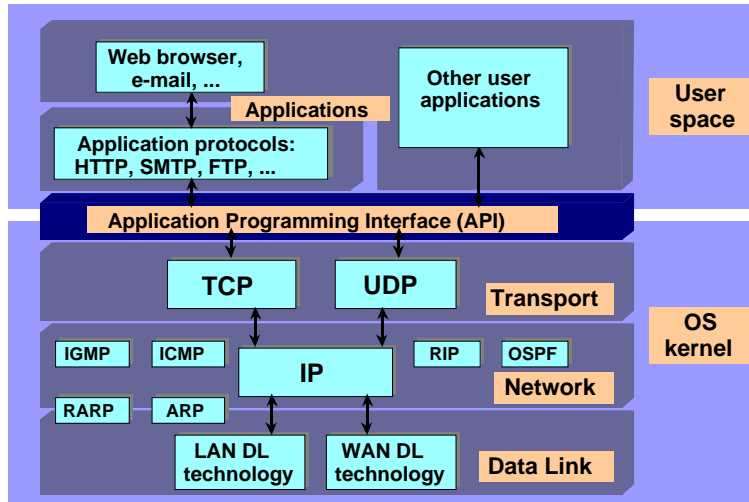
- 1983 wird das ARPANET in das Forschungsnetz ARPANET und das militärisch genutzte MILNET aufgeteilt.
- 1986 wird von der National Science Foundation der USA das NSFNET realisiert.
- 1990 geht das NSFNET in das ANSNET über, das von MERIT, MCI und IBM betrieben wird und eine kommerzielle Nutzung des Internets möglich macht.
- Anfang der 90er Jahre wird am CERN das World-Wide Web geboren.
- Derzeit läuft in den USA eine Internet-2 Initiative, mit der ein Gigabit-Backbone zwischen den Universitäten realisiert werden soll.
- Technologisch ist der Übergang von der IP-Version 4 zur IP-Version 6 zu erwarten.

## Entwicklung des Internet (Hosts im DNS)

Internet Domain Survey Host Count

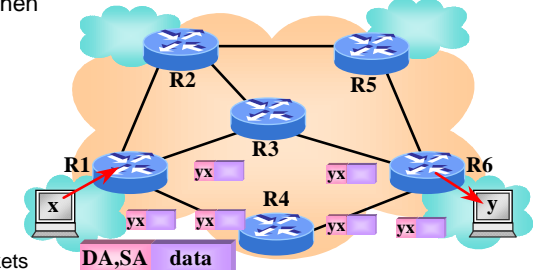


### Die Internet-Protokollfamilie



### Das Modell von IP

- Datagramme
  - Einzelne, unabhängig voneinander weitergeleitete Pakete, die sich ihren Weg zum Ziel suchen
- Routing-Tabellen
  - geben den Ausgang zu einem Ziel an
- „Best effort“-Dienst
  - Keine Garantie für
    - Auslieferung eines Pakets
    - Korrekte Reihenfolge
  - Praktisch keine Echtzeit

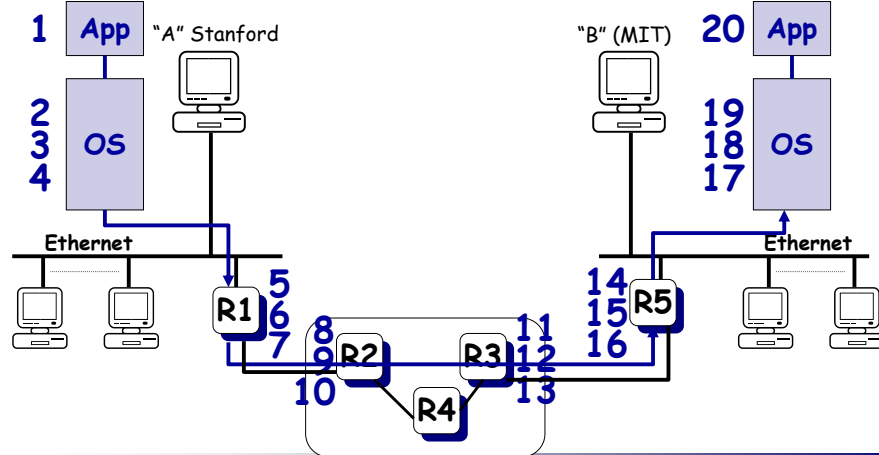


Routing tables

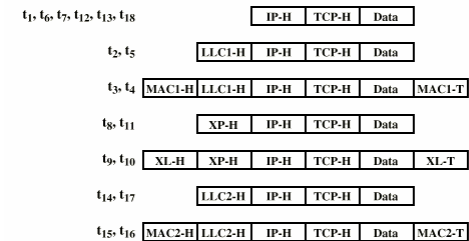
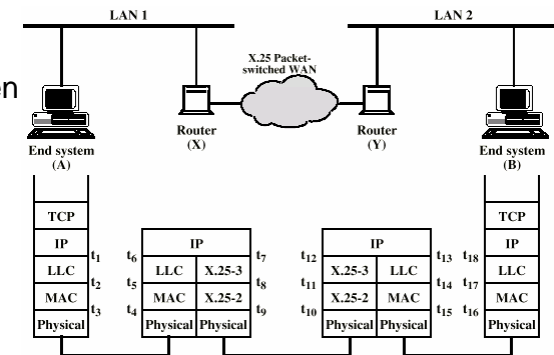
Router R1		Router R3		Router R6	
DA	Next hop	DA	Next hop	DA	Next hop
y	R3, R4	y	R6	y	-
...	...	...	...	...	...

### Wie funktioniert eigentlich das ganze Internet?

- Beispiel: FTP über das Internet unter Verwendung von TCP/IP und Ethernet



### IP Operationen



TCP-H = TCP header      MAC1-T = MAC trailer  
 IP-H = IP header      XP-H = X.25 packet header  
 LLC1-H = LLC header    XL-H = X.25 link header  
 MAC1-H = MAC header    XL-T = X.25 link trailer

### IPv4-Adressen

- 32 bits
  - Binäre und dezimale Darstellung

	32	23	15	7	0			
Binär:	11010100		01111110		11010000		10000111	
Dezimal	212		126		208		135	

- Hierarchische Adressierung**
  - Netzwerk-Nummer + Netzmaske** (Classless Interdomain Routing (CIDR), RFC 1519).
  - Bemerkung: IP-Adressklassen werden praktisch nicht mehr verwendet (wg. Adressknappheit)
- Netzangabe: 134.76.0.0/255.255.0.0 oder alternativ 134.76.0.0/16 (16 = Länge der Netzmaske)

### IPv4-Adressen: Uni Göttingen

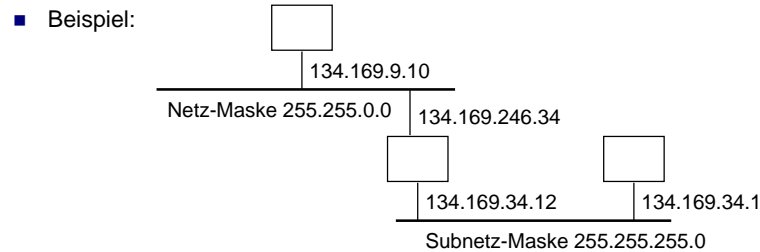
- Bildung von Netzhierarchien:
  - GWDG/Uni Göttingen: 134.76.x.x
  - Institut für Informatik: 134.76.81.x
    - Beispiel für ein geplantes Subnetz für 16 (bzw. 14) Rechner:
      - 134.76.81.225/28 = 134.76.81.(224-239)
      - 134.76.81.239 ist die Broadcast-Adresse (letzten 4 Bits = 1111)

Ausgabe von Unix-Befehl: `ipcalc 134.76.81.224/28`

```
Address: 134.76.81.224      10000110.01001100.01010001.1110 0000
Netmask: 255.255.255.240 = 28 11111111.11111111.11111111.1111 0000
Wildcard: 0.0.0.15        00000000.00000000.00000000.0000 1111
=>
Network: 134.76.81.224/28  10000110.01001100.01010001.1110 0000
(Class B)
Broadcast: 134.76.81.239  10000110.01001100.01010001.1110 1111
HostMin: 134.76.81.225   10000110.01001100.01010001.1110 0001
HostMax: 134.76.81.238   10000110.01001100.01010001.1110 1110
Hosts/Net: 14
```

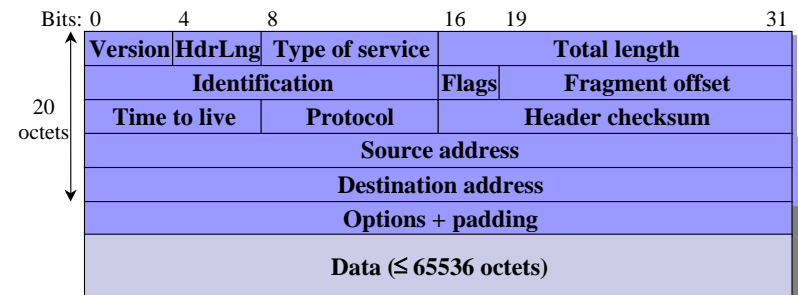
### IPv4 - Subnetze

- Subnetz-Adressen:
  - Endsystemadressen können mit Hilfe von Netzmasken weiter unterteilt werden.
  - Eine IPv4-Adresse wird mit der negierten Subnetz-Maske bitweise logisch und verknüpft, um die Adresse des Endsystems zu erhalten.



- Besondere Adressen:
  - Alle Adressen mit dem Format 127.\*.\* gehören zum lokalen System (loopback).
  - Alle Adressen mit dem Format 10.\*.\* werden niemals weitergeleitet.

### IPv4-Paketformat



**Type of Service field (8 bits)**  
 0 1 2 3 4 5 6 7  
**Precedence**    **ToS**    0

**Flags field (3 bits)**  
 0 1 2    **D M -**    **D = Don't fragment**  
          **M = More fragments**

**Precedence (priority):** High: 7 - Network control .... Low: 0 - Routine.  
**ToS (Type of Service):** 8 - Min. delay. 4 - Max. throughput. 2 - Max. reliability.  
 1 - Min. cost (\$). 0 - Normal service.

**Options: Security. Source routing. Route recording. Time stamping.**

## IP Next Generation: IPv6

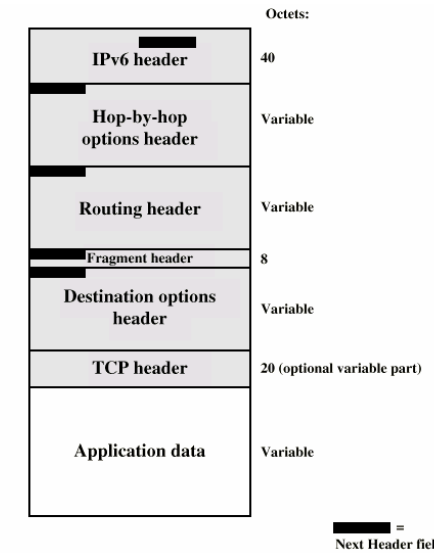
- **Substantielles Re-Design von IP**

- Basierend auf den erfolgreichen Eigenschaften von IPv4
- Erweiterte und verbesserte Funktionalität
- Entwickelt zwischen 1992 und 1997
- Jetzt stabil, wird in neue Produkte (Router, Betriebssysteme) eingebaut.

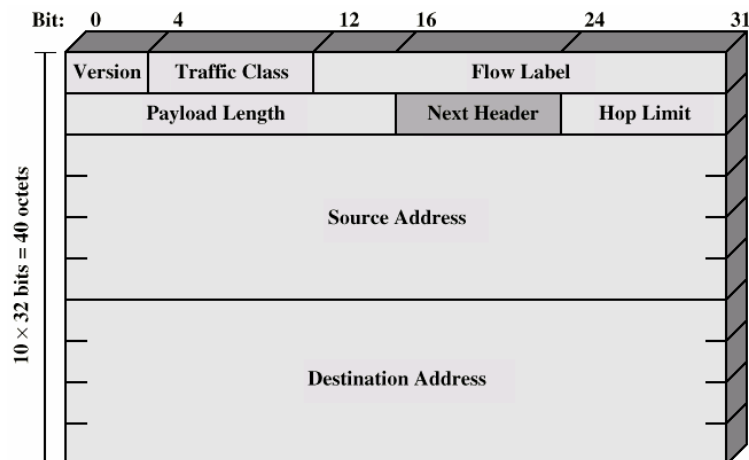
- **Neue Eigenschaften**

- Erweiterte Adressen (128-bit). Neue Adressierungsschemata.
- Neue flexiblere und effizientere Paketformate
- Auto-Konfiguration („plug-and-play“)
- Adressenauflösung und Gruppenmanagement jetzt Teil von ICMPv6 (ARP, IGMP wurden entfernt)
- Sicherheitsmechanismen direkt im Protokoll (Authentifizierung und Verschlüsselung)
- Dienstgüteunterstützung

## Struktur für IPv6



## IP v6 Header



## Transportschicht: TCP und UDP

- Aufgabe der Transportschicht: Datentransport von einem Prozess auf einem Rechner zu einem (oder mehreren) anderen Prozessen auf anderen Rechnern im Internet
  - Zwei Möglichkeiten
    - Der grundlegende unzuverlässige Internetdienst genügt, dann verwende UDP.
    - Er genügt nicht, dann verwende TCP.
- **End-To-End-Signifikanz:**
  - IP-Adressen identifizieren IP-Hosts und keine Applikationen.
  - IP besitzt daher eine Host-To-Host-Signifikanz.
  - Ein Transportendpunkt wird durch eine IP-Adresse und eine lokale eindeutige Portnummer identifiziert.
  - TCP und UDP besitzen End-To-End-Signifikanz.
  - Für Standard-Dienste sind Portnummern fest definiert (well-known ports).

## Well-known Ports für UDP

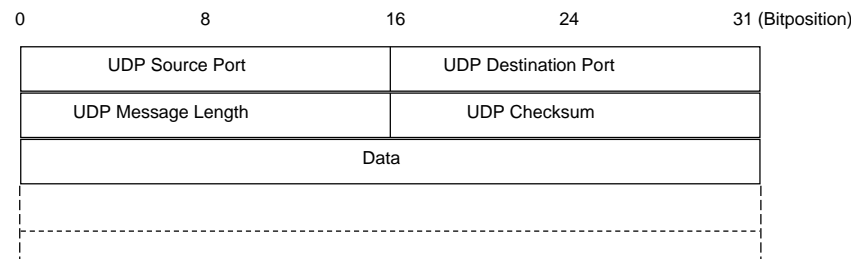
Port	Protocol	Description
7	Echo	Echoes a received datagram back to the sender
9	Discard	Discards any datagram that is received
11	Users	Active users
13	Daytime	Returns the date and the time
17	Quote	Returns a quote of the day
19	Chargen	Returns a string of characters
53	Nameserver	Domain Name Service
67	Bootps	Server port to download bootstrap information
68	Bootpc	Client port to download bootstrap information
69	TFTP	Trivial File Transfer Protocol
111	RPC	Remote Procedure Call
123	NTP	Network Time Protocol
161	SNMP	Simple Network Management Protocol
162	SNMP	Simple Network Management Protocol (trap)

## Well-known Ports für TCP

Port	Protocol	Description
7	Echo	Echoes a received datagram back to the sender
9	Discard	Discards any datagram that is received
11	Users	Active users
13	Daytime	Returns the date and the time
17	Quote	Returns a quote of the day
19	Chargen	Returns a string of characters
20	FTP, Data	File Transfer Protocol (data connection)
21	FTP, Control	File Transfer Protocol (control connection)
23	TELNET	Terminal Network
25	SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
53	DNS	Domain Name Server
67	BOOTP	Bootstrap Protocol
79	Finger	Finger
80	HTTP	Hypertext Transfer Protocol
111	RPC	Remote Procedure Call

## User Datagram Protocol (UDP)

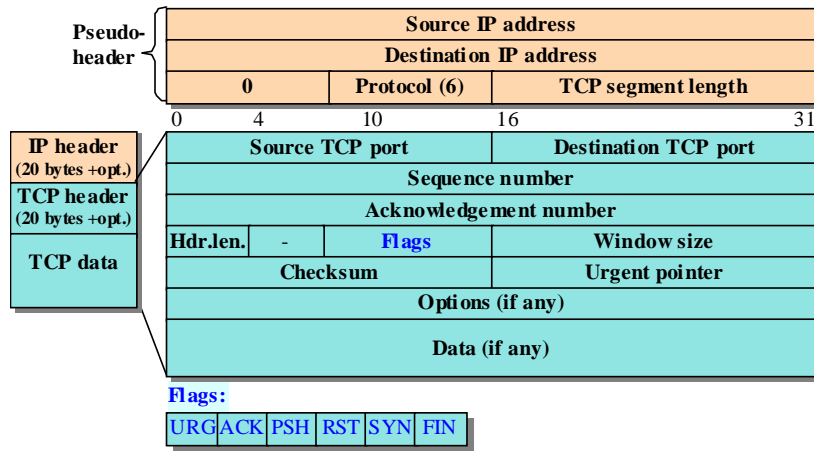
- Eigenschaften:
  - Unzuverlässiger, verbindungsloser Datagrammdienst.
  - Einfache Erweiterung von IP um Portnummern (RFC 768).
  - Zusätzliche Prüfsumme über den UDP-Protokollkopf.
- UDP-Protokollkopf:



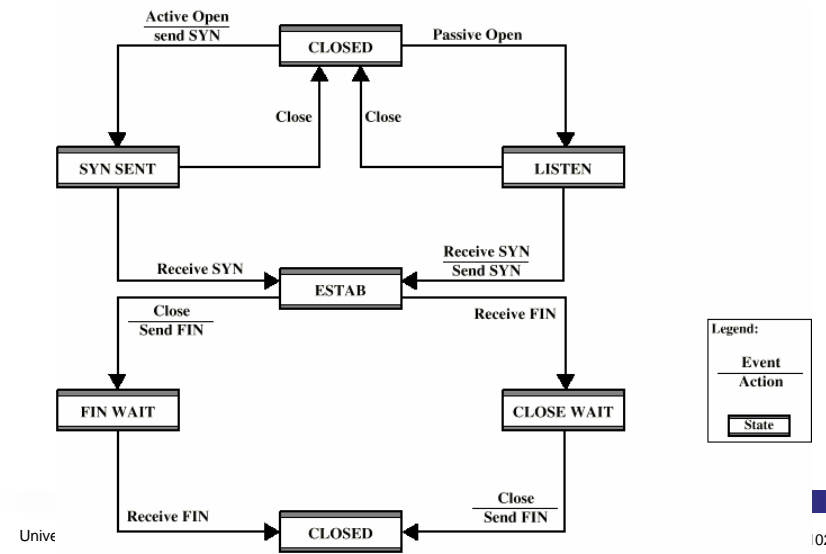
## Transmission Control Protocol (TCP)

- Zuverlässiger, verbindungsorientierter Dienst über einem unzuverlässigen, verbindungslosen Netzwerkprotokoll (RFC 793).
- Endsysteme tauschen einen unstrukturierten Bytestrom aus (stream orientation).
- Duplex und Halbduplex-Betrieb und die Zustellung von out-of-band-Daten.
- Ende-zu-Ende-Flusskontrolle durch Fenstertechnik mit adaptiven Timeouts und automatische Anpassung an Stausituationen (slow start, multiplicative decrease).

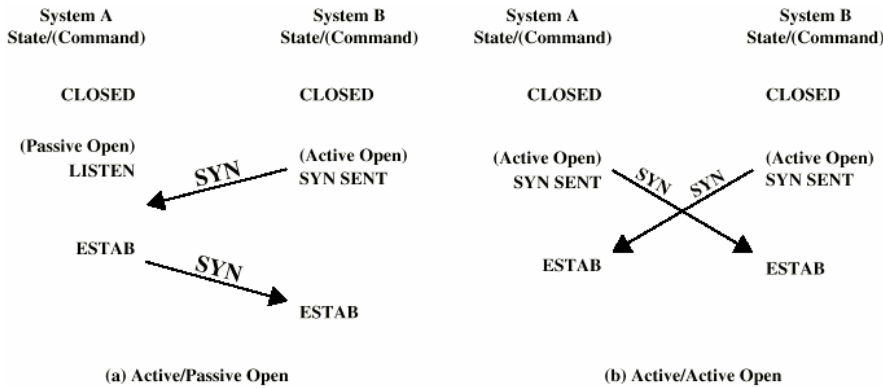
### TCP Pakete („Segmente“)



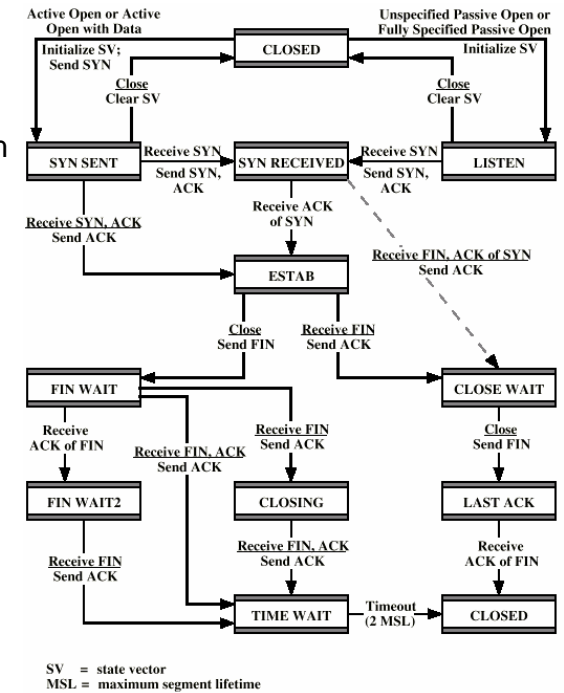
### TCP Verbindungszustandsdiagramm



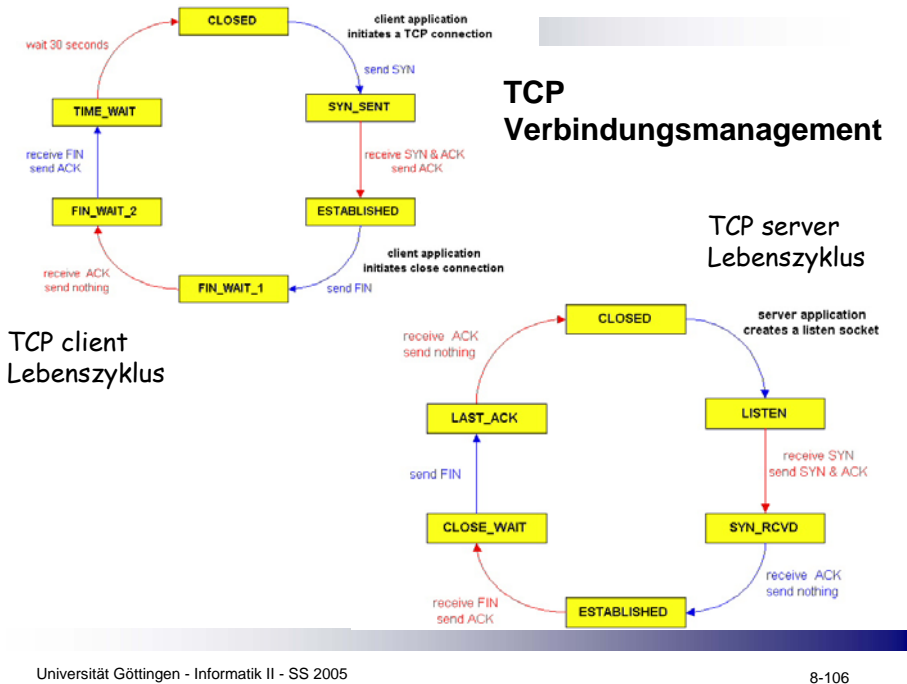
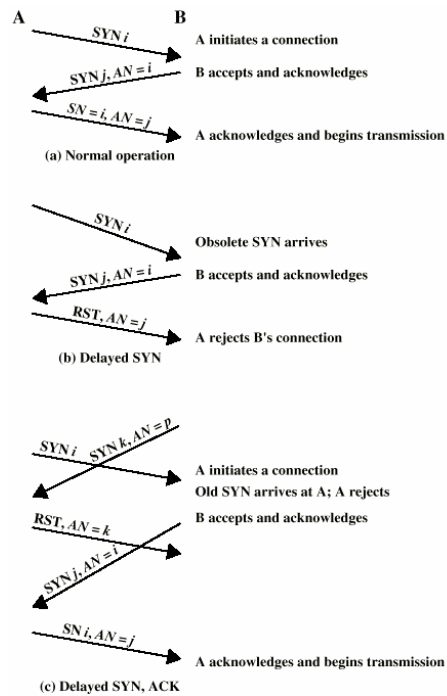
### TCP Verbindungsaufbau



### Drei-Wege-Handshake: TCP Zustandsdiagramm

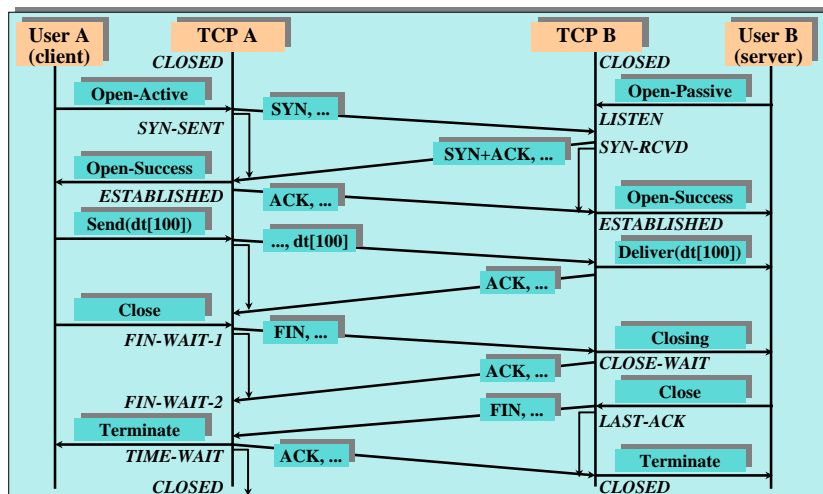


## Drei-Wege-Handshake: Beispiel



## 8. Computernetzwerke

### TCP Protokollablauf

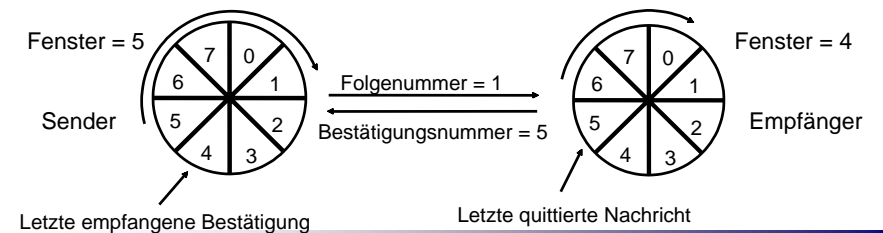


## 8. Computernetzwerke

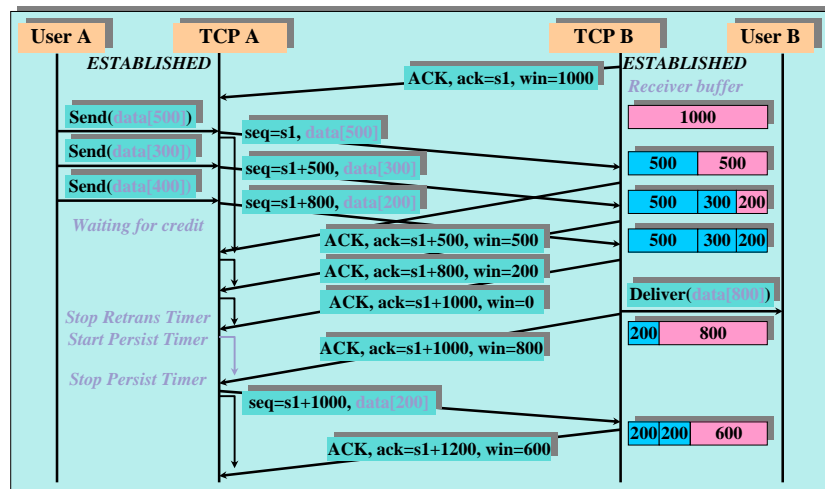
### Erinnerung: Flusskontrolle

#### ■ Fenstertechnik:

- Sender und Empfänger einigen sich auf ein Fenster innerhalb des Wertebereichs der Sequenznummern (Flusskontrollfenster, flow control window).
- Nach dem Verbindungsaufbau besitzt der Sender implizit Kredite für so viele Datenblöcke wie durch die Fenstergröße angegeben ist.
- Durch positive Quittungen wird das Fenster beim Sender verschoben.
- Zusätzlich kann die Größe des Fensters dynamisch angepasst werden.



### TCP Flusskontrolle: Fenstertechnik

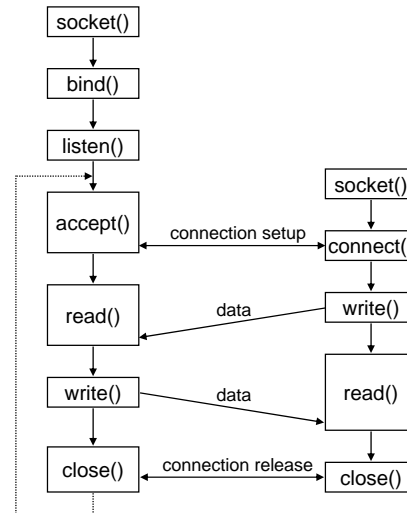


### Programmierschnittstelle: Die Socket-Schnittstelle

Funktion	Aufgabe
socket(domain, type, protocol)	Kreiert einen Kommunikationsendpunkt
bind(socket, address, length)	Bindet eine Adresse an einen lokalen Endpunkt.
connect(socket, address, length)	Stellt Verbindung zu zweitem Socket her
listen(socket, backlog)	Zeigt an, wie viele eingehende Verbindungswünsche akzeptiert werden
accept(socket, address, length)	Annahme einer Verbindung
write(...), send(...), sendto(...)	Übertragung von Daten über einen Socket
read(...), recv(...), recvfrom(...)	Empfang von Daten
shutdown(socket, how)	(Teilweise) Beendigung einer Verbindung
close(socket)	Schließen eines Sockets
getsockname(), getpeername()	Erfragen von lokaler/entfernter Adresse
Weitere Hilfsfunktionen	Bytekonvertierung ins/vom Netzwerkformat

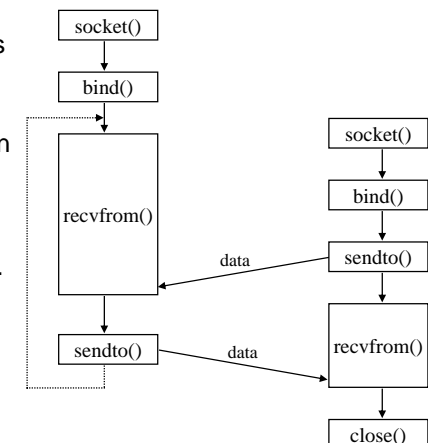
### Verbindungsorientierte Kommunikation

- Beim verbindungsorientierten Protokoll wird zunächst von einer Seite ein Socket geöffnet, über den Verbindungswünsche entgegen genommen werden.
- Der accept()-Aufruf blockiert den Prozess, bis eine Verbindung etabliert ist und liefert einen neuen Socket für diese Verbindung.
- Die read() und write() Aufrufe sind blockierend.
- Nach der Auflösung der Verbindung kann mit einem erneuten Aufruf von accept() eine weitere Verbindung entgegen genommen werden.



### Verbindungslose Kommunikation

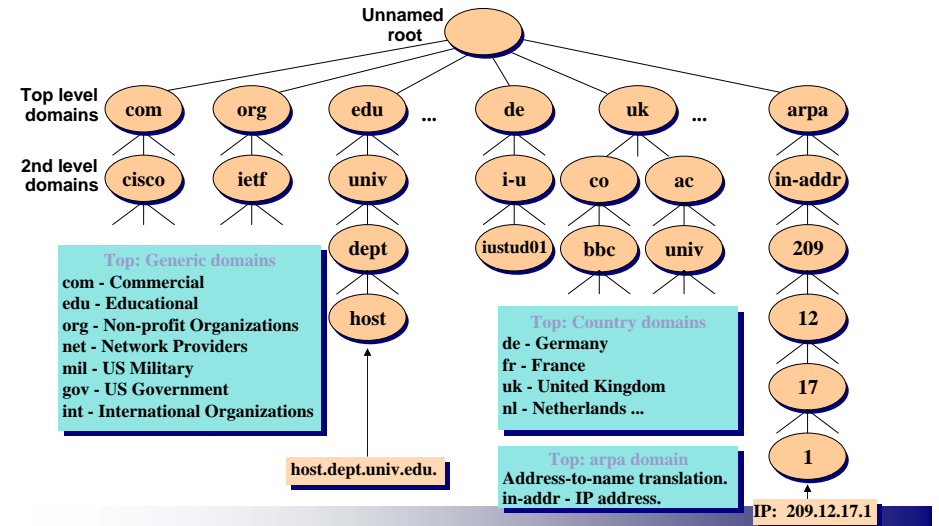
- Beim verbindungslosen Protokoll werden auf beiden Seiten Sockets geöffnet und an eine Adresse gebunden.
- Der recvfrom()-Aufruf blockiert den Prozess, bis eine Nachricht eingetroffen ist. Die Adresse des sendenden Prozesses wird dem empfangenden Prozess mitgeteilt.
- Der sendto()-Aufruf sendet die Daten an die angegebene Adresse, ohne zu blockieren.
- Beim Schließen eines Endpunkts ist keine Interaktion erforderlich.



## Domain Name Service DNS

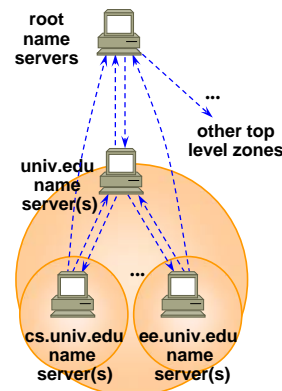
- Aufgabe von DNS
  - Übersetze Namen in Adressen und lasse Anwendungen so Netzdienste nutzen: www.cs.tu-bs.de ↔ 134.169.34.18.
- Internet Name Service
  - DNS: Domain Name System. Frühe 80er Jahre.
  - Grundlegende Definition: RFC 1034 und 1035, 1987
  - Zahllose weitere RFCs für die Nutzung von DNS, Updates etc.
  - Hierarchisches Namensschema
  - Verteilte Namensdatenbank
  - DNS-Protokoll: query-response protocol.

## Namenshierarchie



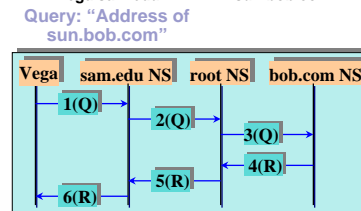
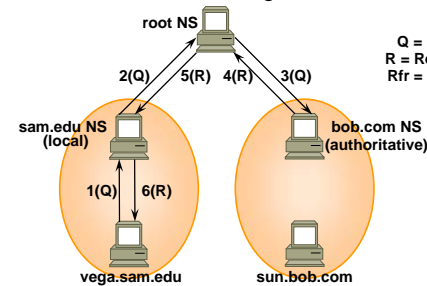
## Server-Hierarchie

- „Zone of authority“
  - Eine Zweig des Namensraums, der getrennt verwaltet wird
  - Der Namensraum ist rekursiv in kleinere Zonen aufgeteilt.
- Delegation der Verantwortung
  - Der Administrator einer Zone verwaltet den/die Name Server (Primär-, Sekundär-)
  - Jeder Name Server verwaltet die Namensinformation für seine Zone und kennt die Name Server der Untersonen.
  - Eine Gruppe von „root name servers“ stellen Name-Server-Adressen für die Top-Level-Domains zur Verfügung. Alle anderen Server kennen die Adresse der Root-Server und einiger Name Server der oberen Ebenen.

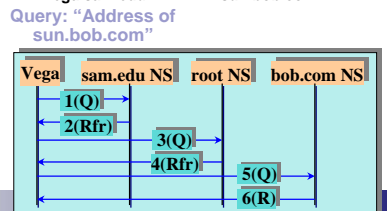
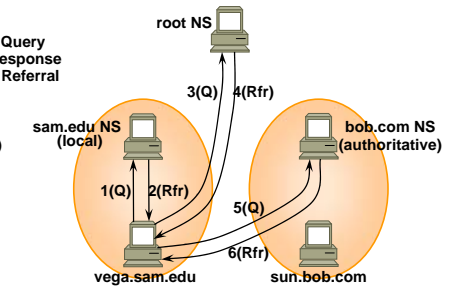


## DNS-Abfragen (1/2)

### ■ Rekursive Abfragen

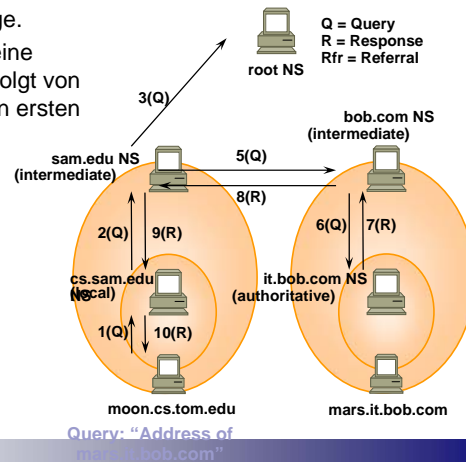


### ■ Iterative Abfragen

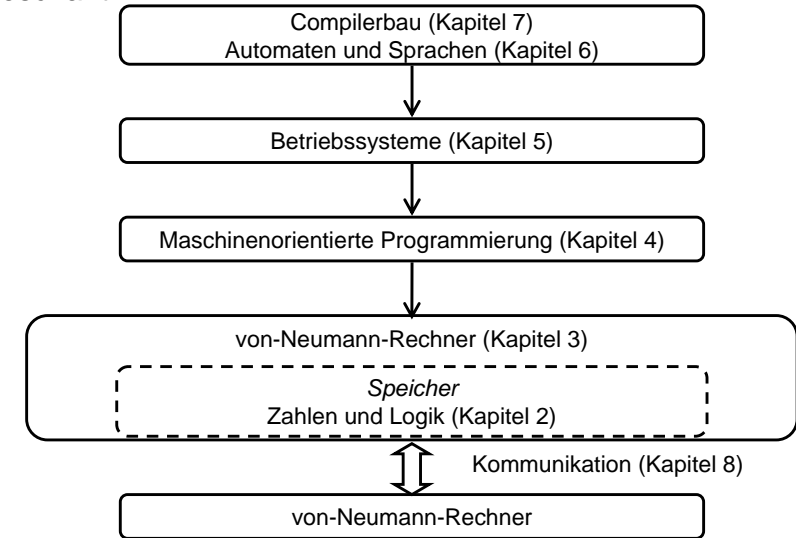


## DNS-Abfragen (2/2)

- Iterativ und rekursiv können kombiniert werden
  - Client startet rekursive Abfrage.
  - Ein Zwischen-Server startet eine iterative Abfrage an Root, gefolgt von einer rekursiven Query an den ersten Server in der Ziel-Domain.
- DNS caching
  - Name Server speichern erhaltene Antworten (für begrenzte Zeit).
  - Eine Anfrage wird nur weitergeleitet, wenn die Antwort nicht im Cache liegt.
  - Ziel?



## Geschafft



## Klausur Informatik II

- Termin: Montag, 25. Juli, 9:00-11:00Uhr
- Ort: ZHG 011
- Dauer: 120 Minuten
- Identifizierung
  - Personalausweis und Immatrikulationsbescheinigung
  - oder Studentenausweis mit Lichtbild
- Hilfsmittel: keine (aber bitte Kugelschreiber mitbringen ☺)
- Klausureinsicht: 28. Juli, 14:00-15:00Uhr, Raum MN68
- Wiederholungsklausur:
  - Termin: Donnerstag, 06. Oktober 2005, 9:30- 11:30Uhr
  - Ort: MN 67
  - Anmeldung: bis zum 30. September (Munopag/Wopag/Anmeldeschein)

## Lehrstuhl für Telematik

- Vorlesungen
  - Informatik II (SS)
  - Telematik (WS)
  - Mobilkommunikation I (SS) und II (WS)
- Seminare
  - Netzwerksicherheit (WS)
  - Mobilkommunikation/Mobiles Internet (SS)
  - Advanced Topics in Computer Networking (SS)
- Praktika
  - Praktikum Telematik
- BSc und MSc Arbeiten
  - siehe <http://www.tmg.informatik.uni-goettingen.de/theses>
- Hiwis
  - auf Anfrage

## Forschungsgebiete des Lehrstuhls für Telematik

- Modellierung und Testen von Kommunikationsprotokollen (Dr. Ebner, Dipl.-Inf. C. Werner)
- Internet-Signalisierungsprotokolle (Dr. Fu)
- Testen von IPv6 (Dr. Fu)
- Netzwerksicherheit (Dipl.-Inf. Soltwisch)
  - Quality of Service und Authentifizierung in Mobil IP
- Voice over IP (Dipl.-Inf. C. Werner, Dipl.-Inf. Zibull)
- E-Learning (Dipl.-Math. Riedel, Dipl.-Inf. Zibull)
- Ökonomie von WLAN Internetzugängen (Dipl.-Math. Riedel)
- usw.
  
- Weitere Informationen:  
<http://www.tmg.informatik.uni-goettingen.de/research>

## Aktuelle und zukünftige Projekte des Lehrstuhls für Telematik

- Demnächst:
  - Mobiles Internet (MobileIPv6)
  - etc.
- Communication Systems Engineering with UML2
- VIDIOS - Video DIstribution Over MPLS networks
- iMob - Emerging Internet Mobility Architectures and Paradigms
- TAROT - Training And Research On Testing
- On-demand End-to-end QoS Provisioning
- IPT - Internet Protocol Testing
- SIGNET - New, Extensible Internet Signaling Protocols
- MobiAuth - QoS and Authentication Issues in IP Mobility
- ELAN - E-Learning Academic Network
- Use of Formal Description Techniques for Testing
- Economy of the broadband wireless internet access

## Bachelor/Master-Arbeiten

- Modellieren, Simulieren und Testen von Protokollen
  - Entwicklung von (Internet-) Protokollen
  - Handhabung der Komplexität durch Entwicklungswerkzeuge wie in der Industrie (z.B. bei Nokia, Ericsson, Audi, Airbus, etc.)
  - Michael Ebner, email: [ebner@informatik.uni-goettingen.de](mailto:ebner@informatik.uni-goettingen.de)
  
- Sicherheit
  - Protokolle für Schlüsselaustausch, Kryptografie, Authentifikation, etc.
  - Rene Soltwisch, email: [soltwisch@informatik.uni-goettingen.de](mailto:soltwisch@informatik.uni-goettingen.de)