



Verteilte Systeme

Prof. Dr. Stefan Fischer

Kapitel 3: Netzwerk-Grundlagen

Überblick

- Schichtenmodelle, Protokolle und Dienste
- LANs und WANs
- Internet
- TCP/IP und UDP

Interessante Netzeigenschaften

- Performance
 - Verzögerung, Datenrate
- Skalierbarkeit
 - Ist das Netz immer noch leistungsfähig, wenn es größer wird?
- Zuverlässigkeit
 - Wie verlässlich ist die Datenübertragung?
- Sicherheit
 - Kann die Datenübertragung bzw. ein Rechner im Netz gesichert werden?
- Mobilität
 - Werden mobile Systeme unterstützt?
- Quality of Service
 - Gibt es mehr als den „best effort“?
- Multicast
 - Ist effiziente Kommunikation mit vielen Partnern möglich?

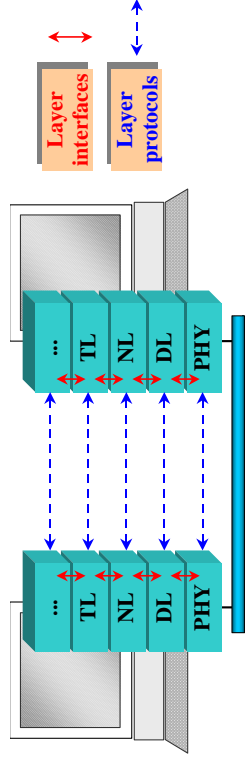
Netzwerkarchitekturen

- Problem
 - Welche Funktionen gibt es, wie verteilen sie sich auf Komponenten, wie interagieren die Komponenten?
- Ziele
 - Ermöglichte Design, Implementierung, Betrieb.
 - Interoperabilität zwischen Hardware und Software verschiedener Hersteller. Standards statt proprietärer Lösungen
- Logische Architektur
 - Wie sieht die generische konzeptionelle Struktur des Kommunikationssystems in jedem Netzwerkknoten aus?
- Physische Architektur
 - Wie sieht die konkrete Verbindungsstruktur zwischen den einzelnen Knoten in einem spezifischen Netzwerk aus?

Logische Netzwerkarchitektur

Schichtenmodell

Modultapel in jedem Knoten
 Jedes Modul fügt den darunter liegenden Modulen Funktionalität hinzu.
 Interaktionen zwischen den Modulen über standardisierte Schnittstellen
 (*Dienstschnittstelle*).
 Kooperation von *Peer-Modulen* über *Protokolle*.



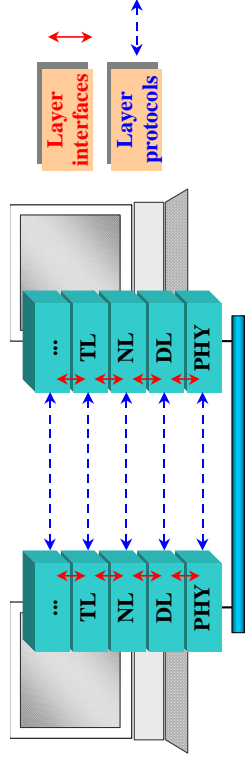
Warum Schichtenmodelle?

- Für die Kommunikation über ein Netz müssen eine Vielzahl von Problemen gelöst werden.
- Die Idee ist, diese komplexe Aufgabe in viele kleine, weniger komplexe Aufgaben aufzuteilen.
- Zur Lösung der Aufgaben in einer höheren Schicht werden die Lösungen der darunter liegenden Schichten verwendet.
- Bekannte Schichtenmodelle?

Logische Netzwerkarchitektur

Schichtenmodell

Modultapel in jedem Knoten
 Jedes Modul fügt den darunter liegenden Modulen Funktionalität hinzu.
 Interaktionen zwischen den Modulen über standardisierte Schnittstellen
 (*Dienstschnittstelle*).
 Kooperation von *Peer-Modulen* über *Protokolle*.



OSI-Referenzmodell

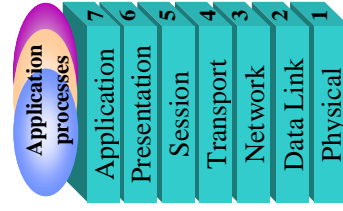
- Open System Interconnection - Reference Model
 ISO/ITU-T Standard aus den frühen 80ern (ISO 7498).
 Ziel: Schaffung der Grundlagen für offene Kommunikationssysteme ohne proprietäre Technologien

Prinzip und Konzept der Schichtenarchitektur

weit verbreitete Vorlage (außer für das Internet!).

Architektur mit 7 Schichten

ISO/ITU-T Standards existieren für jede der Schichten, aber das Modell wird praktisch nicht mehr eingesetzt
 viel Redundanz, zu komplex



TCP/IP-Schichtenmodell

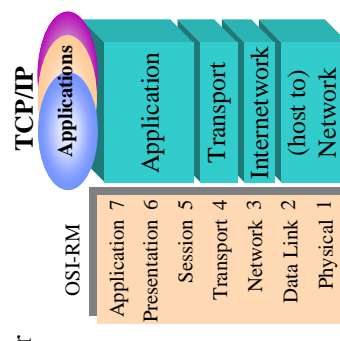
Erster und am weitesten verbreiteter Open Stack

Standardisierung

RFC (Request For Comments) der IETF (Internet Engineering Task Force).
 (<http://freesoftware.org/CIE/index.htm>)

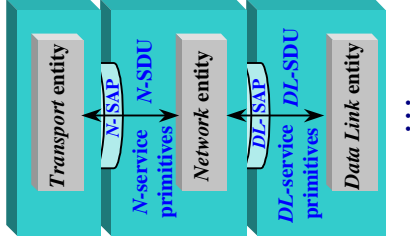
TCP/IP versus OSI-RM

Einfacher und wesentlich pragmatischer
 Kein rigoroses Schichtenmodell

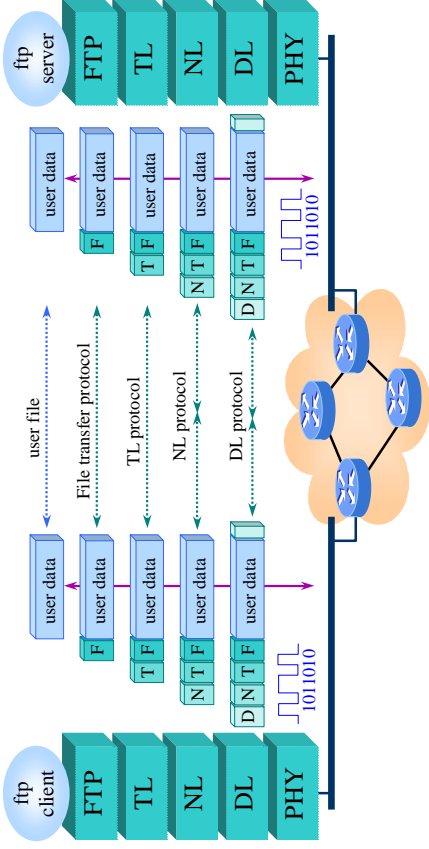


OSI-RM: Dienstschnittstellen

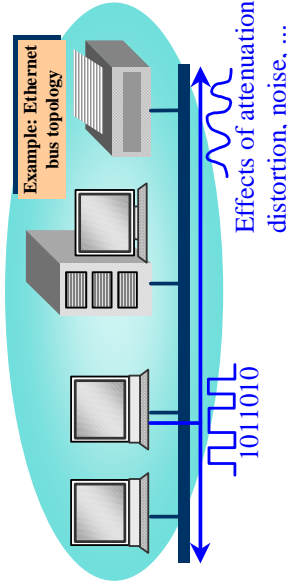
- **Dienst**
 Funktionalität, die eine Schicht nach oben hin anbietet
- Dienstschnittstellen**
 Regeln für die Kommunikation zwischen benachbarten Schichten in derselben Station:
 Folge von Nachrichten
SAP: Service Access Point; durch eine Adresse in der Schicht eindeutig definiert
SDU: Service Data Unit.



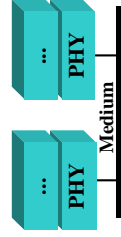
Datenkapselung



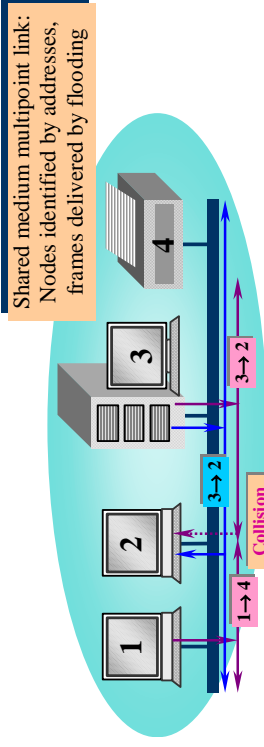
Datenübertragung auf Schicht 1



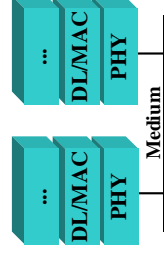
- **Physikalisches Medium**
 Zur Übertragung der Information in Form einer elektromagnetischen Welle
- Physikalische Schicht**
 Aufgabe: Übertragung von Bitströmen über das Medium.



Schicht 2: Data Link



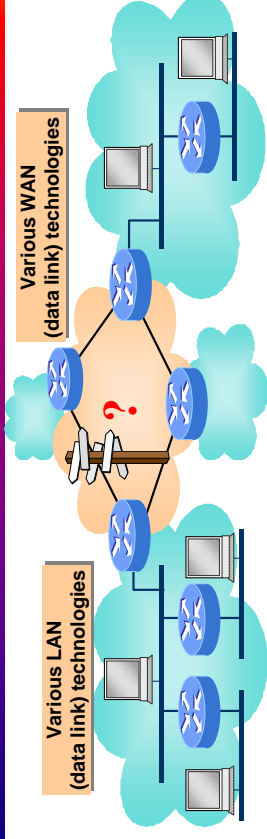
- **Hauptaufgaben**
 - Fehlerkontrolle
 - Regelung des Medienzugriffs (bei Nutzung eines gemeinsamen Mediums durch viele Stationen)



Physikalische Netzwerktypen

- Local Area Network
 - Überdeckt kleine Fläche (Gebäude, Campus)
 - Sehr schnell
 - Billig
- Wide Area Network
 - Für große Flächen (Länder)
 - Eher geringe Datenrate
 - Teuer wg. Notwendigkeit effizienter Mediennutzung
- Bekannte Netze:
 - ISDN
 - ATM
 - Frame Relay
- Bekannte Netze:
 - Ethernet
 - Token Ring
 - Wireless LAN

Internetworking



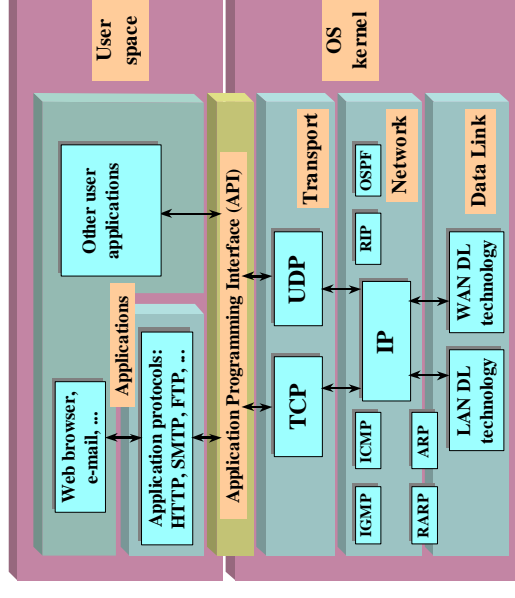
Ziel

verbinde mehrere physikalische unterschiedlicher Architektur miteinander, so dass die Rechner miteinander kommunizieren können
Umsetzung auf der Vermittlungsschicht (Network Layer)

Das Internet

- Das wichtigste und größte Netzwerk.
- Die Geschichte des Internet begann Ende der 60er Jahre als kleines Versuchsnetz zwischen vier Südwest-amerikanischen Einrichtungen.
- Der Aufbau wurde vom Verteidigungsministerium finanziert.
- Idee: Schaffung eines paketvermittelten Netzes, das sehr robust und wenig anfällig für Zerstörungen ist.
- Heute: komplette Protokoll-Suite auf den verschiedenen Schichten

TCP/IP Protocol Stack



Vermittlungsschicht: Aufgaben

- Adressierung
 - Eindeutige Identifizierung der angeschlossenen Stationen (netzübergreifend!)
- Wegwahl durch das Internet
- Überlastkontrolle
 - Auch bei hoher Last muss das Netz verfügbar bleiben
- Segmentation/Reassembly
 - Anpassung der Datenpaketgrößen an die transportierenden Netze

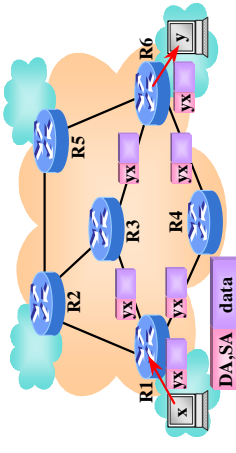
Das Modell von IP

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

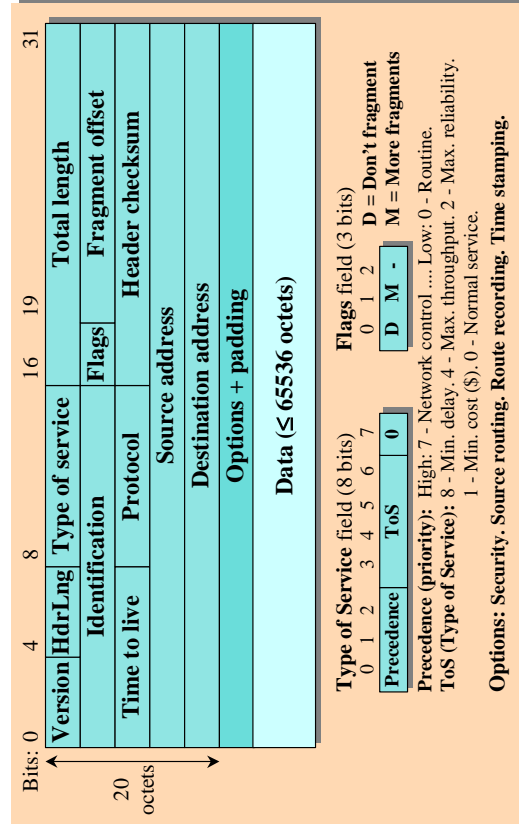
Routing tables

Router R1	Router R3	Router R6
DA	Next hop	DA
Y	R6	Next hop
...

Vermittlungsschicht: Aufgaben

- Adressierung
 - Eindeutige Identifizierung der angeschlossenen Stationen (netzübergreifend!)
- Wegwahl durch das Internet
- Überlastkontrolle
 - Auch bei hoher Last muss das Netz verfügbar bleiben
- Segmentation/Reassembly
 - Anpassung der Datenpaketgrößen an die transportierenden Netze

IPv4-Paketformat



IPv4-Adressen

32 bits

Binäre und dezimale Darstellung

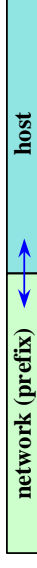
Binary:	11010100	01111111	10	15	20	25	30	31
Dotted decimal:	212	.	126	.	208	.	135	

Hierarchische Adressierung

Network number + Host number (RFC 791, 1981).

Hosts können an mehrere Netze angeschlossen sein; jedes

Interface hat dann eine IP-Adresse



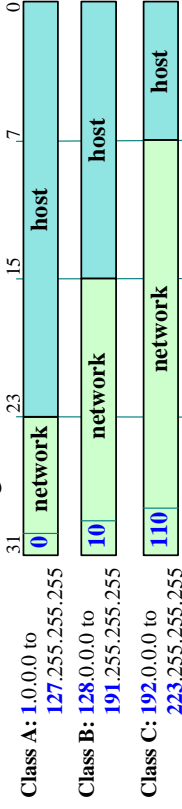
Wo liegt die Grenze zwischen Netzwerk und Host ?

IPv4 Classful Addressing

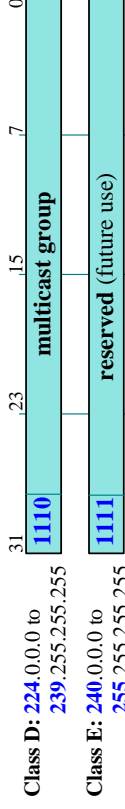
Netzwerkklassen

Es gibt 3 verschiedene Größen für den Netzwerkpräfix und damit 3 Klassen.

Die Netzadresse wird global, die Hostadresse lokal verwaltet.



Zusätzliche Klassen



Prof. Dr. Stefan Fischer
IBR, TU Braunschweig

Verteilte Systeme
Kapitel 3: Netzwerk-Grundlagen

3-21

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

Prof. Dr. Stefan Fischer
IBR, TU Braunschweig

Verteilte Systeme
Kapitel 3: Netzwerk-Grundlagen

3-22

Transportschicht: TCP und UDP

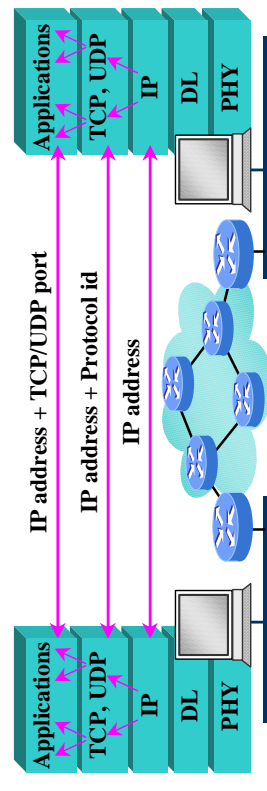
- Aufgabe der Transportschicht: Datentransport von einem Prozess auf einem Rechner zu einem (oder mehreren) anderen Prozessen auf anderen Rechnern im Internet
- Zwei Möglichkeiten
 - Der grundlegende unzuverlässige Internetdienst genügt, dann verwende UDP.
 - Er genügt nicht, dann verwende TCP.

Prof. Dr. Stefan Fischer
IBR, TU Braunschweig

Verteilte Systeme
Kapitel 3: Netzwerk-Grundlagen

3-23

Adressierung



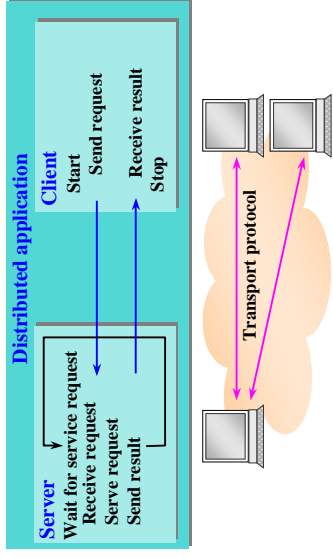
- Welcher Rechner? **IP-Adresse**.
32 bits (IPv4), im IP-Paketkopf.
Welches Transportprotokoll? **Protocol id** im IP Paketkopf.
- Welche Anwendung? **TCP/UDP port**.
16 bits, im TCP/UDP Paketkopf.

Prof. Dr. Stefan Fischer
IBR, TU Braunschweig

Verteilte Systeme
Kapitel 3: Netzwerk-Grundlagen

3-24

Client-Server-Modell



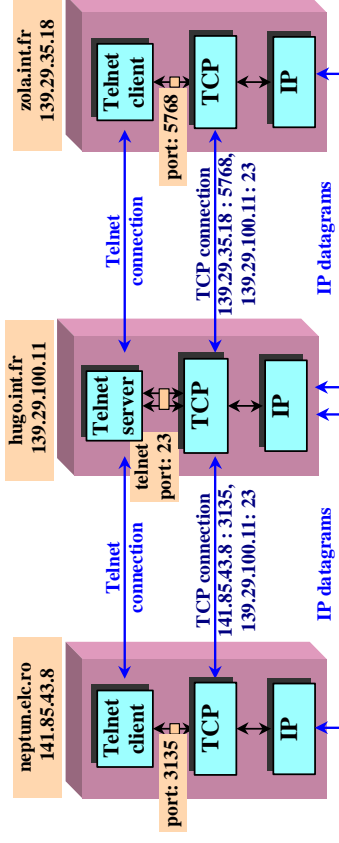
Server

Wartet ständig an einem Port auf eingehende Verbindungsanfragen. Die Portnummer ist dem Client bekannt.

Client

Bei einer Anfrage wird ein zur Zeit ungenutzter Port zugewiesen. Die Anfrage geht an den bekannten Port des Servers.

Beispiel: Telnet-Server und Clients



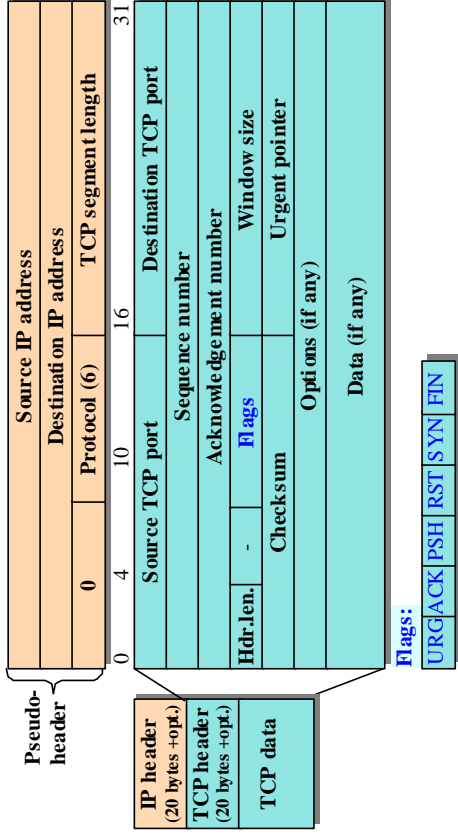
Eigenschaften von TCP und UDP

- TCP setzt einen zuverlässigen Dienst auf IP auf:
 - Paketauslieferung ist garantiert (bzw. der Sender erhält zumindest eine Fehlermeldung)
 - Die Reihenfolge der eingehenden Pakete entspricht der Sendereihenfolge
- UDP garantiert dies nicht, ist aber dafür wesentlich schneller.
- Anwendungen für beide Protokolle?

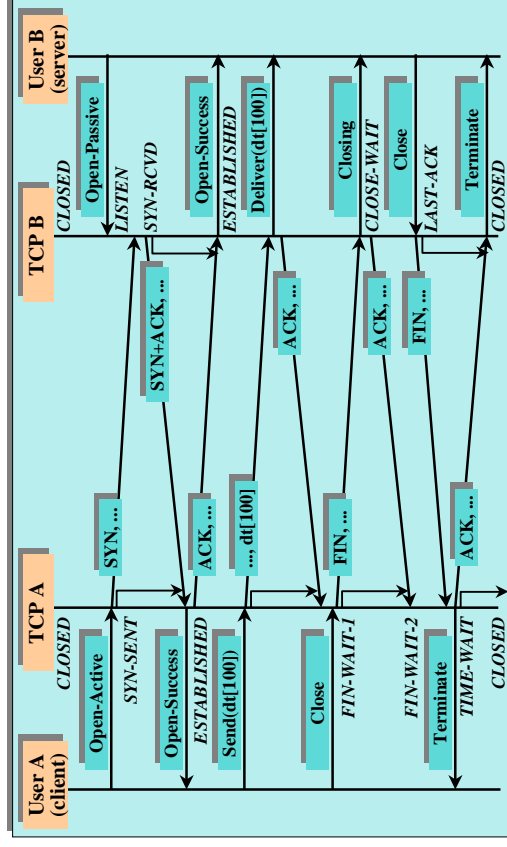
Umsetzung von TCP

- TCP setzt vor allem die folgenden Protokollmechanismen ein, um die Effekte erzielen zu können
 - Daten sind **numeriert**, so dass fehlende Daten schnell festgestellt werden können
 - Mittels **ACKnowledgements** teilt der Empfänger den korrekten Empfang von Daten mit
 - Mittels **Timern** stellt der Sender das Ausbleiben von ACKs fest

TCP Pakete („Segmente“)

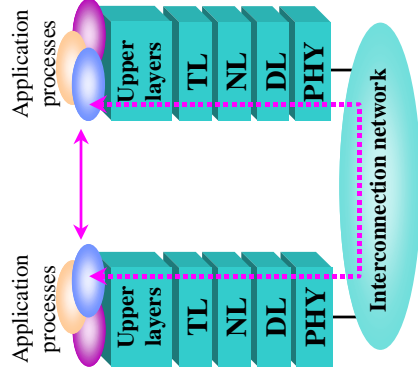


TCP Protokollablauf



Höhere Schichten

- **Hauptaufgabe:** Unterstützung der Anwendung
- **Mögliche Struktur:**
 - **Session (5):** Steuerung der Kommunikationssitzung
 - **Presentation (6):** Kodierung der Information.
 - **Application (7):** Protokolle zur Unterstützung bestimmter Anwendungsaufgaben: www, e-mail, file transfer, telnet, network file system, network management, ...



Weitere Literatur

- A. Tanenbaum: Computer Networks, 4th ed., Prentice Hall, 2003.