



TU Braunschweig
Institut für Betriebssysteme
und Rechnerverbund



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 ?

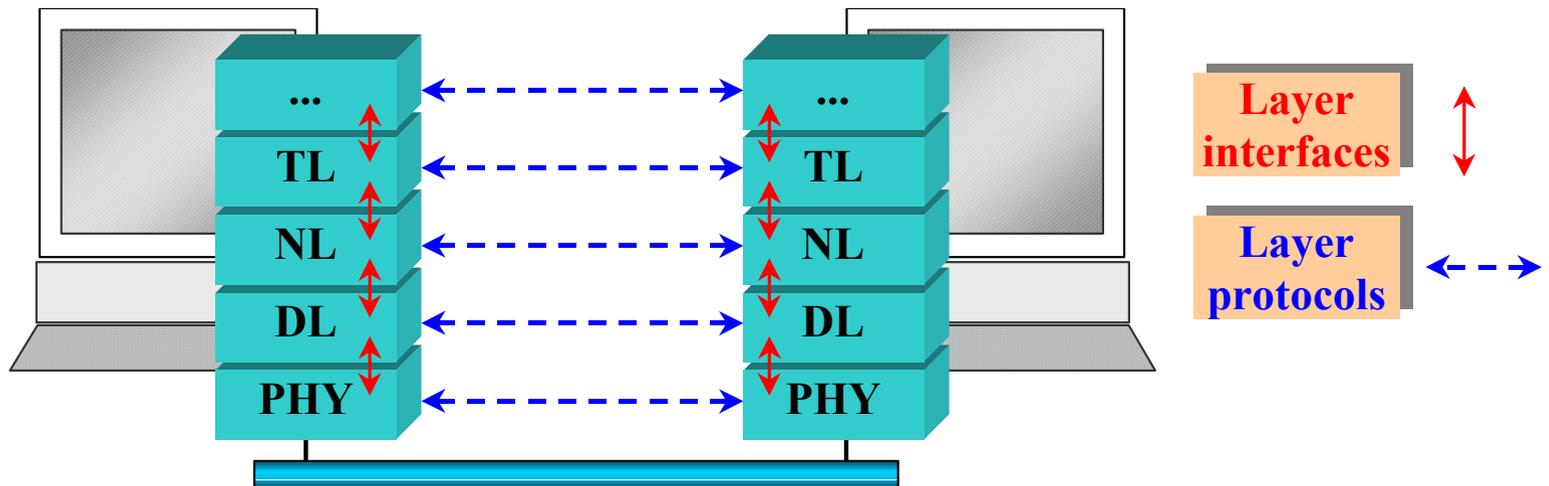
Logische Netzwerkarchitektur

Schichtenmodell

Modulstapel 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?

OSI-Referenzmodell

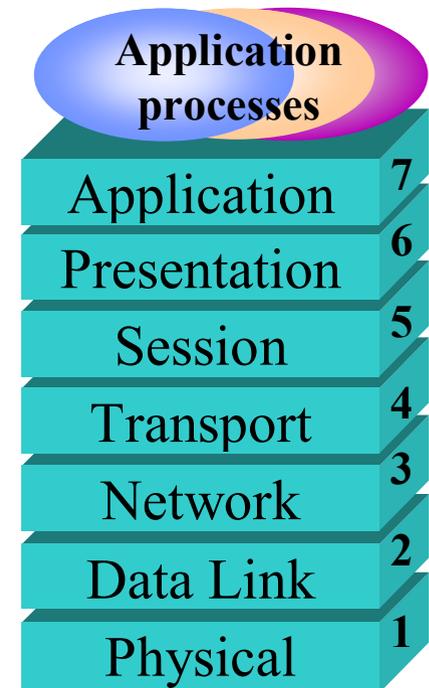
- Open System Interconnection - Reference Model
ISO/ITU-T Standard aus den frühen 80ern (ISO 7498).
Ziel: Schaffung der Grundlagen für offene Kommunikationssysteme ohne proprietäre Technologien

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

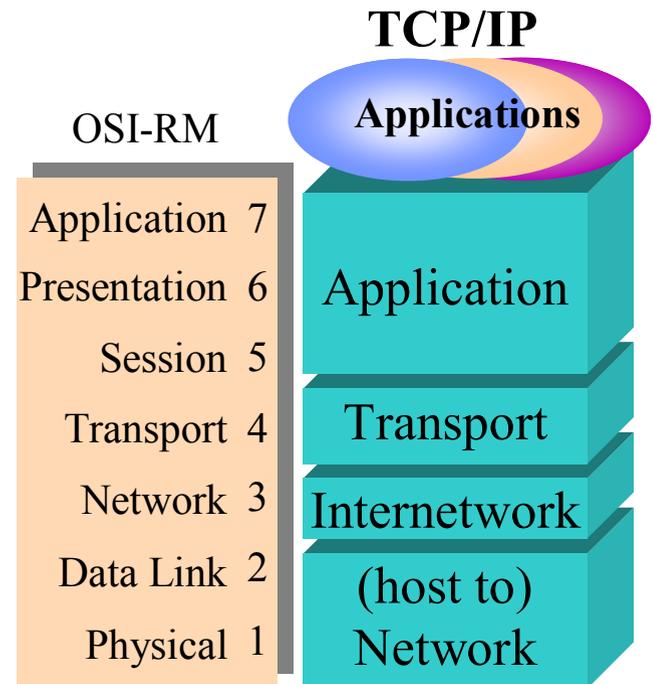
Standardisierung

RFC (Request For Comments) der IETF (Internet Engineering Task Force).

(<http://freソフト.org/CIE/index.htm>)

TCP/IP versus OSI-RM

Einfacher und wesentlich pragmatischer
Kein rigoroses Schichtenmodell



OSI-RM: Dienstschnittstellen

- Dienst

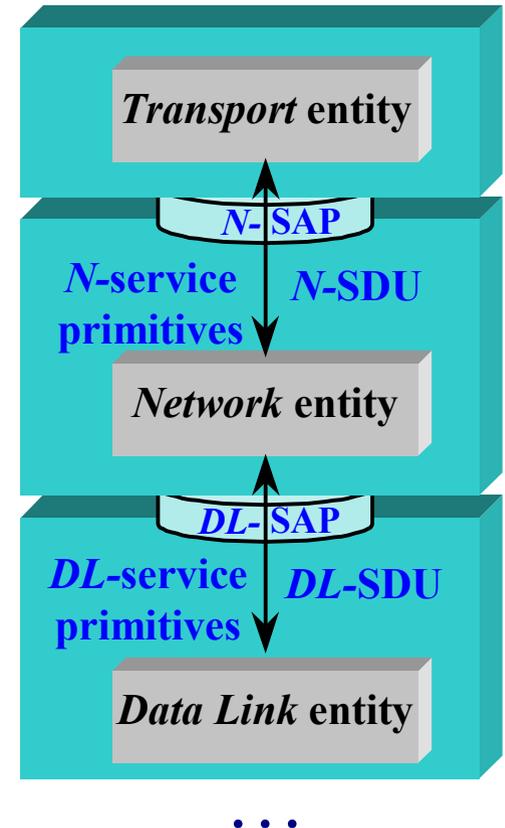
Funktionalität, die eine Schicht nach oben hin anbietet

Dienstschnittstellen

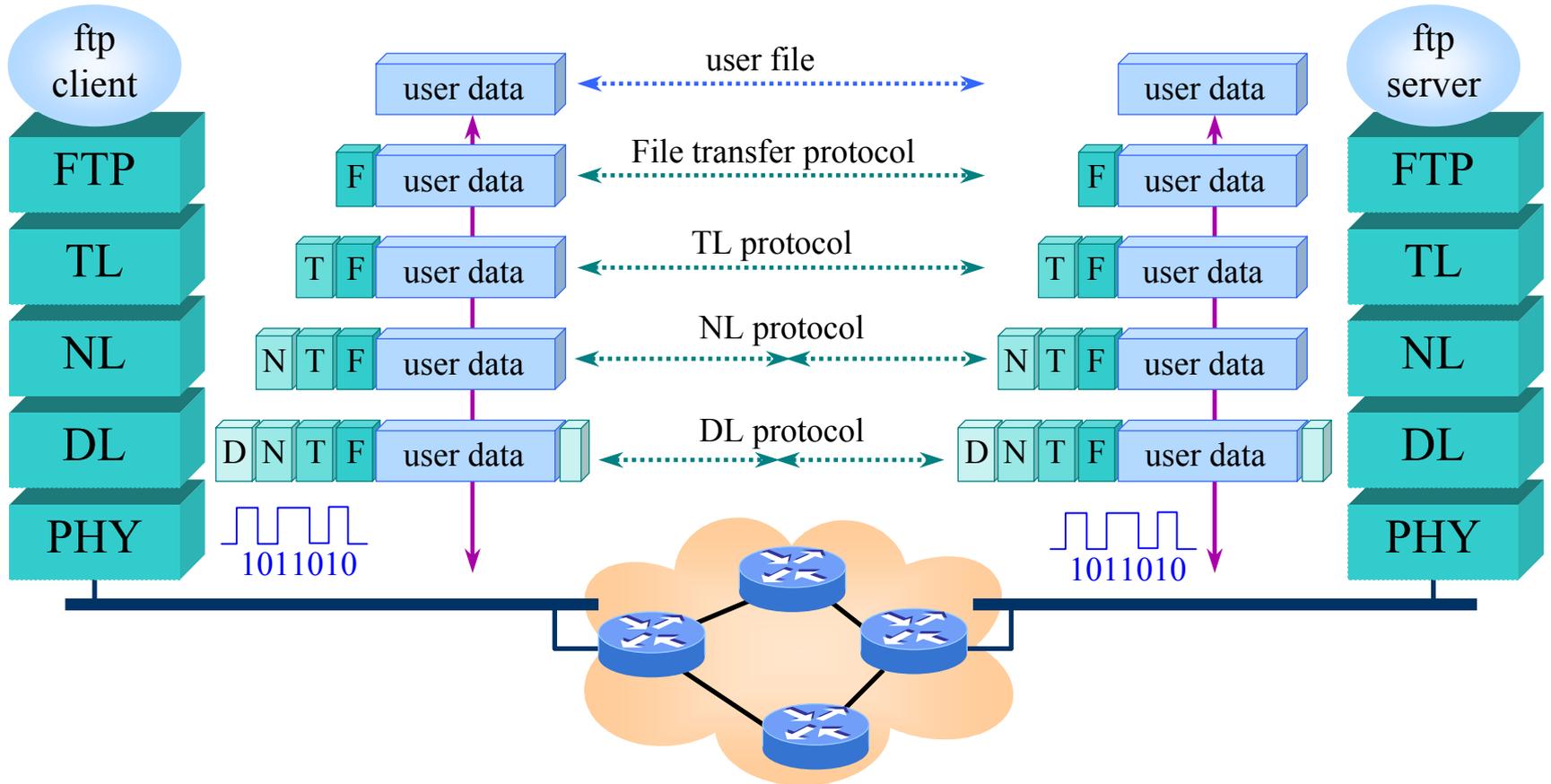
Regeln für die Kommunikation zwischen benachbarten Schichten in derselben Station:

Folge von Nachrichten

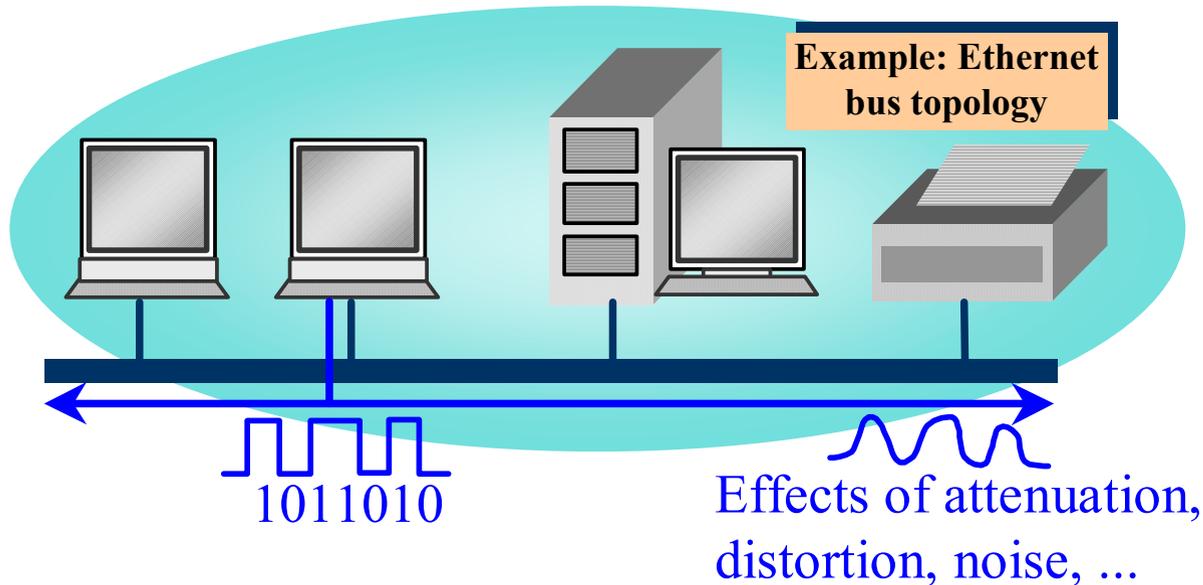
SAP: Service Access Point; durch eine Adresse in der Schicht eindeutig definiert
SDU: Service Data Unit.



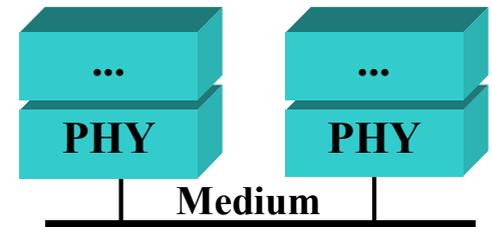
Datenkapselung



Datenübertragung auf Schicht 1



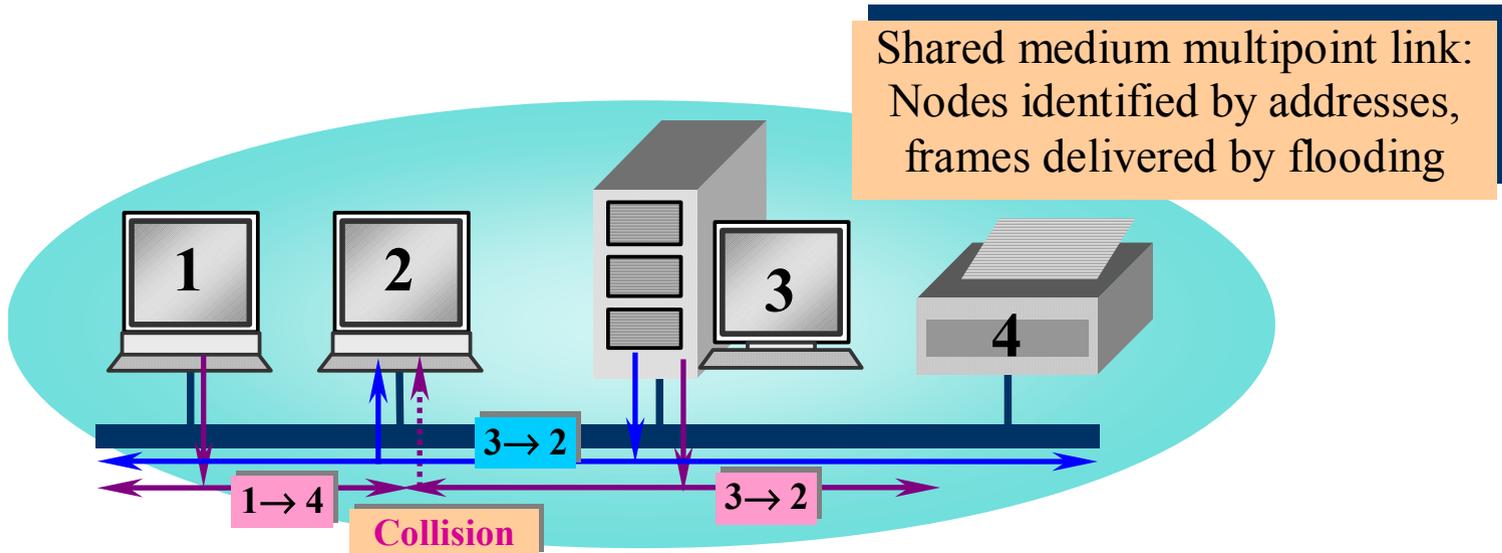
- **Physikalisches Medium**
Zur Übertragung der Information in Form einer elektromagnetischen Welle



Physikalische Schicht

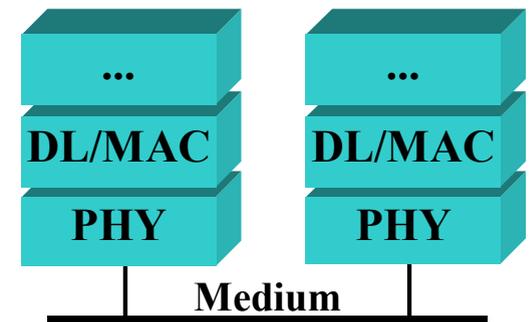
Aufgabe: Übertragung von Bitströmen über das Medium.

Schicht 2: Data Link



- **Hauptaufgaben**

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

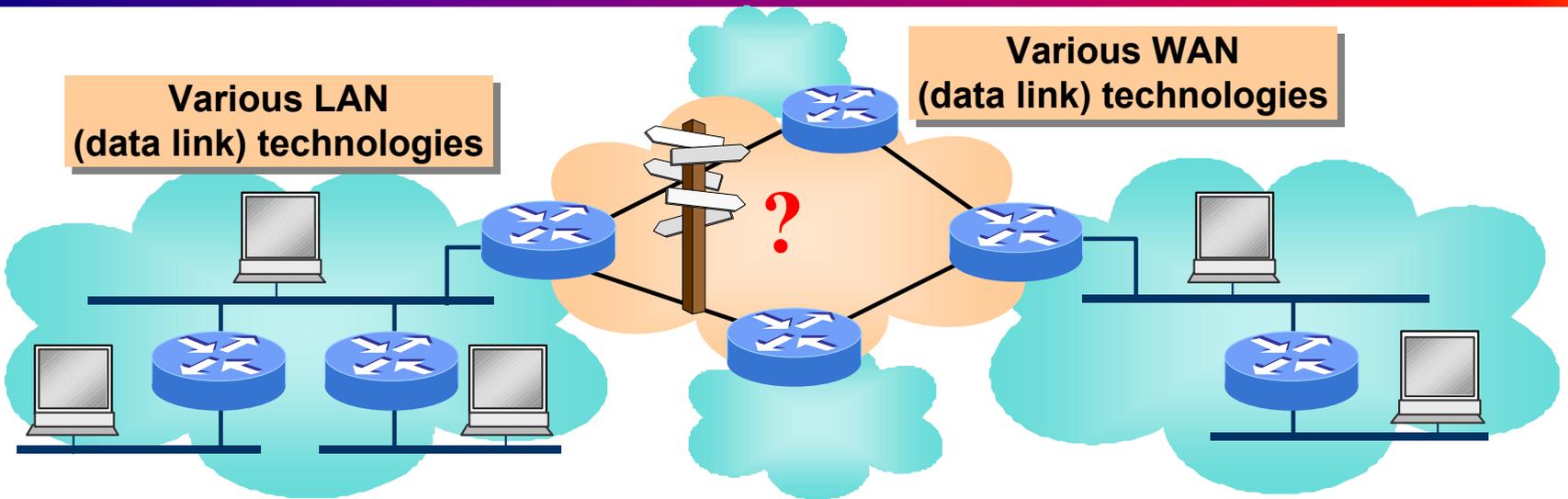


Physikalische Netzwerktypen

- Local Area Network
 - Überdeckt kleine Fläche (Gebäude, Campus)
 - Sehr schnell
 - Billig

 - Bekannte Netze
 - Ethernet
 - Token Ring
 - Wireless LAN
- Wide Area Network
 - Für große Flächen (Länder)
 - Eher geringe Datenrate
 - Teuer wg. Notwendigkeit effizienter Mediennutzung
 - Bekannte Netze:
 - ISDN
 - ATM
 - Frame Relay

Internetworking



Ziel

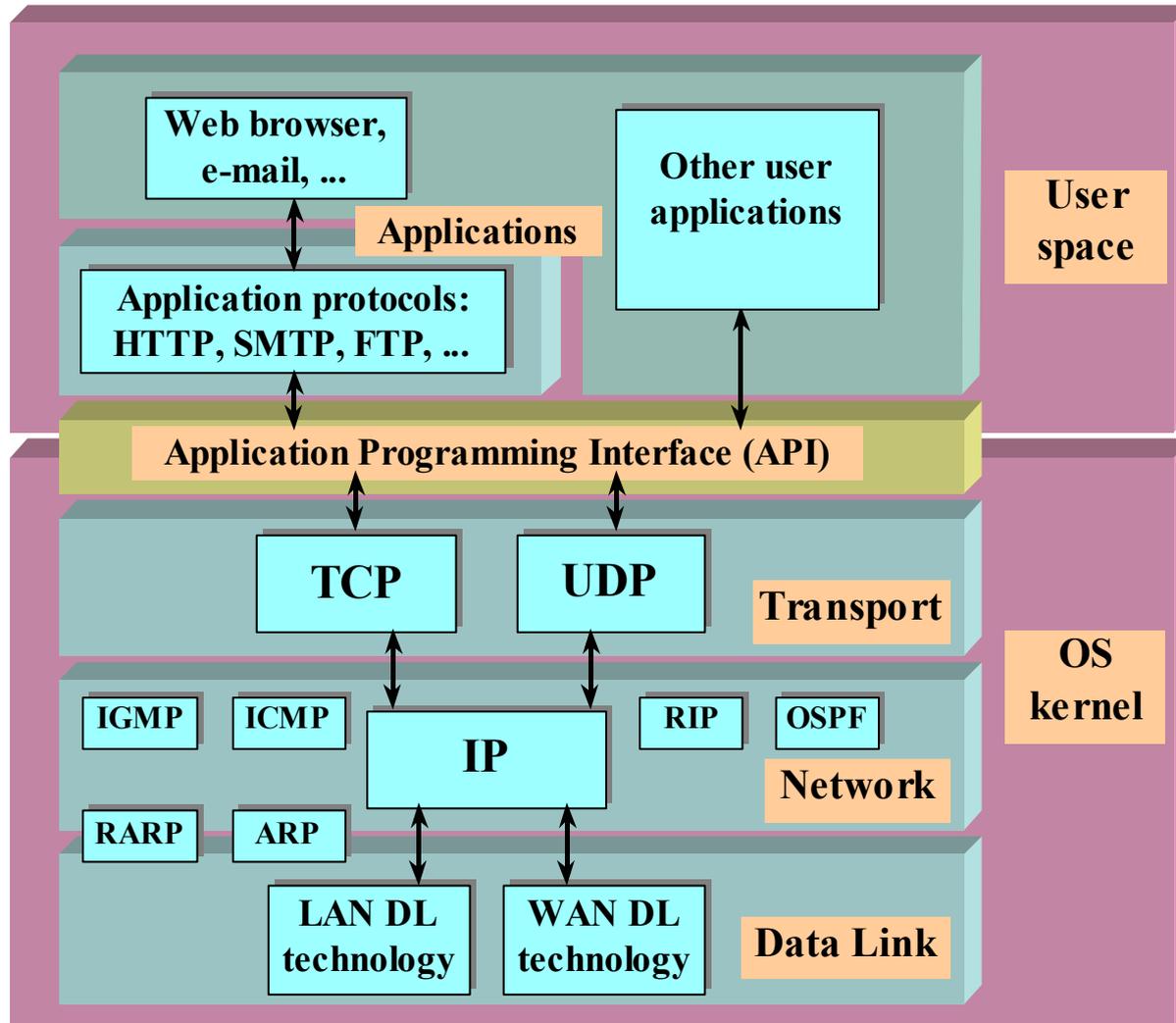
verbinde mehrere physikalische unterschiedlicher Architektur miteinander, so dass die Rechner miteinander kommunizieren können

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!)
- Wegewahl 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

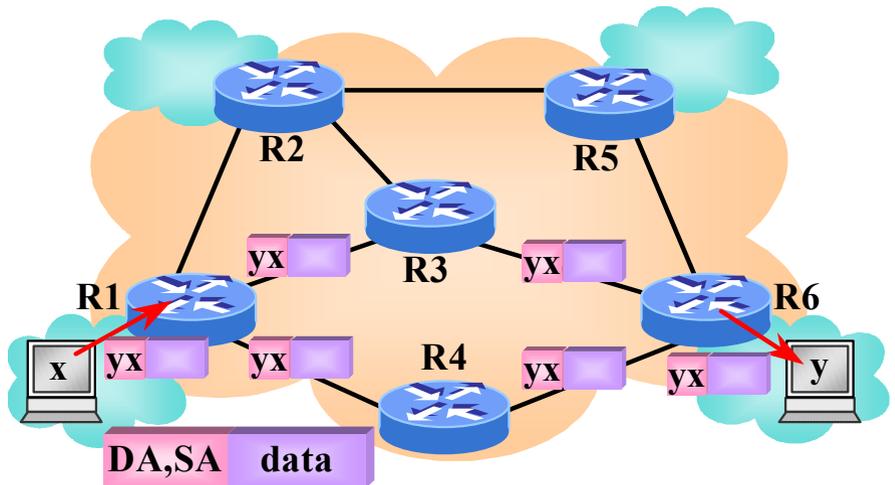
Einzelne, unabhängig voneinander weitergeleitete Pakete, die sich ihren Weg zum Ziel suchen

Routing-Tabellen

geben den Ausgang zu einem Ziel an

„Best effort“-Dienst

Keine Garantie für Auslieferung eines Pakets
Korrekte Reihenfolge
Praktisch keine Echtzeit



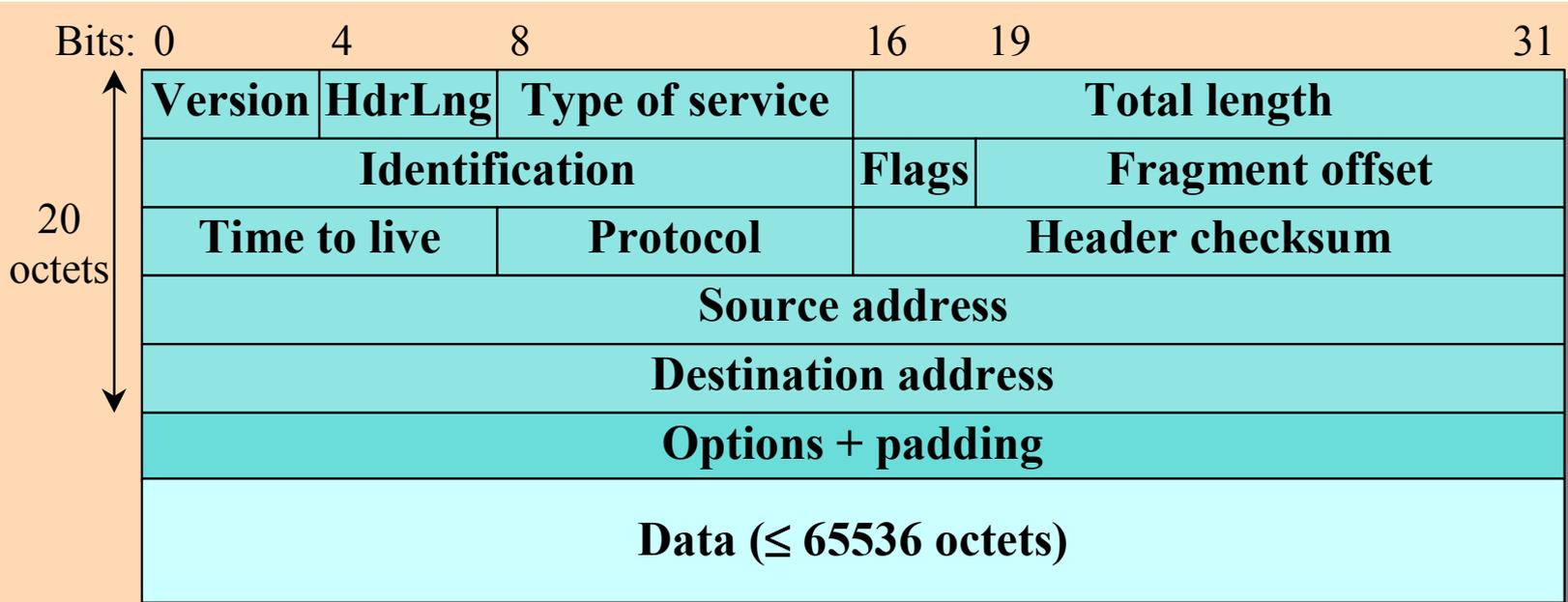
Routing tables

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

Router R3	
DA	Next hop
y	R6
...	...

Router R6	
DA	Next hop
y	-
...	...

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.

IPv4-Adressen

32 bits

Binäre und dezimale Darstellung

	31	23	15	7	0						
Binary:	1 1 0 1 0 1 0 0		0 1 1 1 1 1 1 0		1 1 0 1 0 0 0 0		1 0 0 0 0 1 1 1				
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



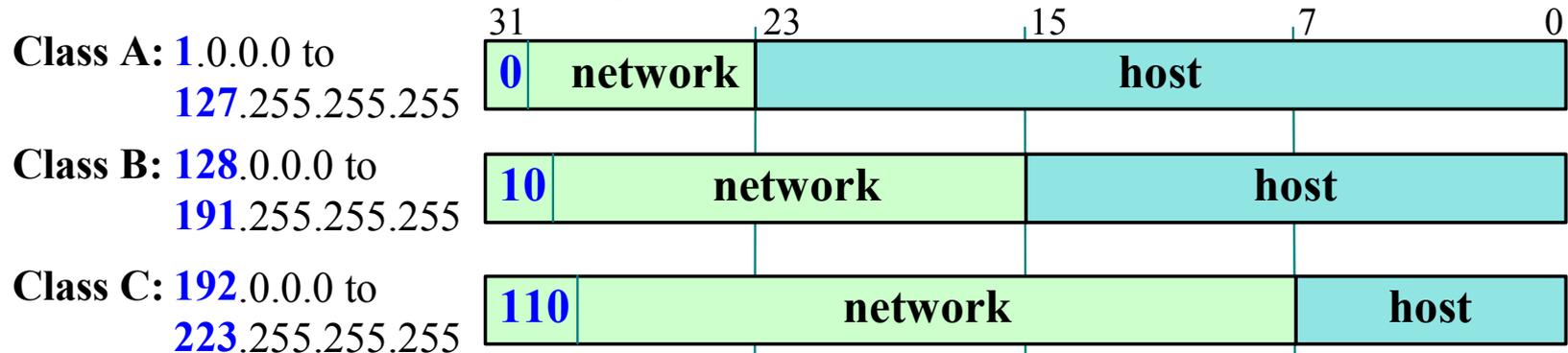
Wo liegt die Grenze zwischen Netzwerk und Host ?

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



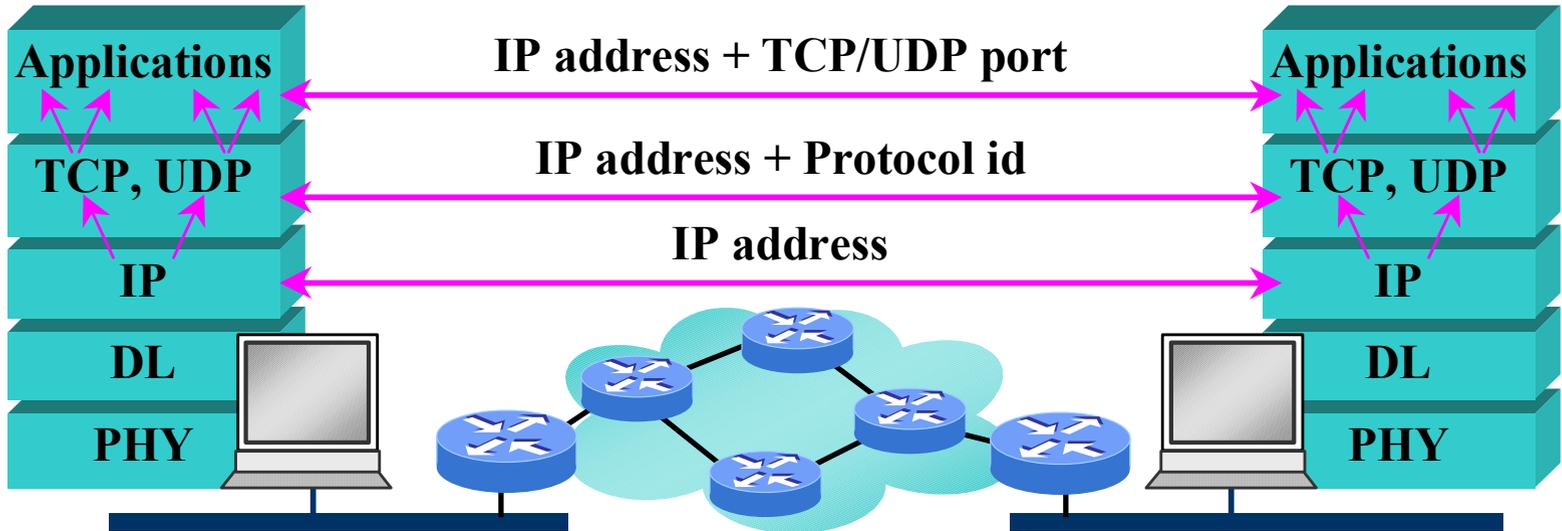
IP Next Generation: IPv6

- 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

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.

Adressierung



Welcher Rechner? **IP-Adresse**.

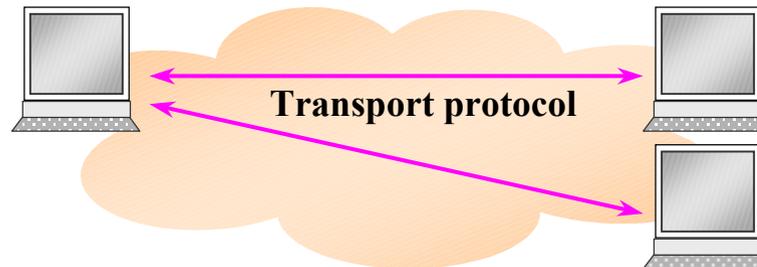
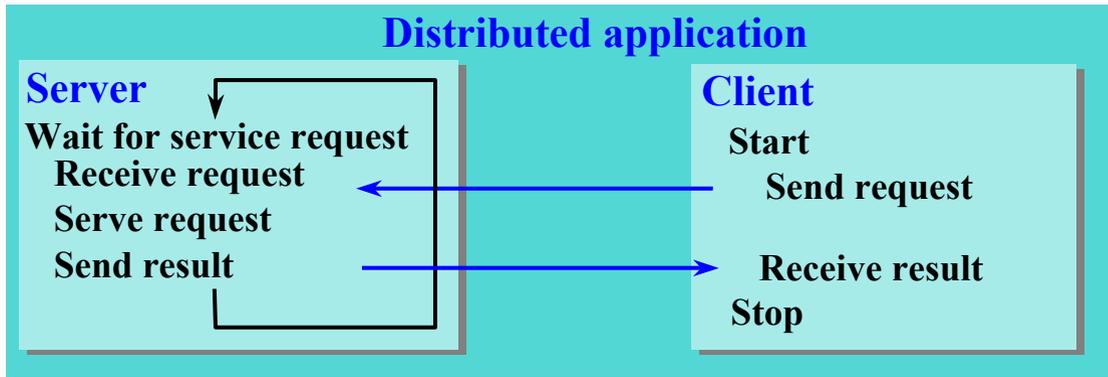
32 bits (IPv4), im IP-Paketkopf.

Welches Transportprotokoll ? **Protocol id** im IP Paketkopf.

Welche Anwendung ? **TCP/UDP port**.

16 bits, im TCP/UDP Paketkopf.

Client-Server-Modell



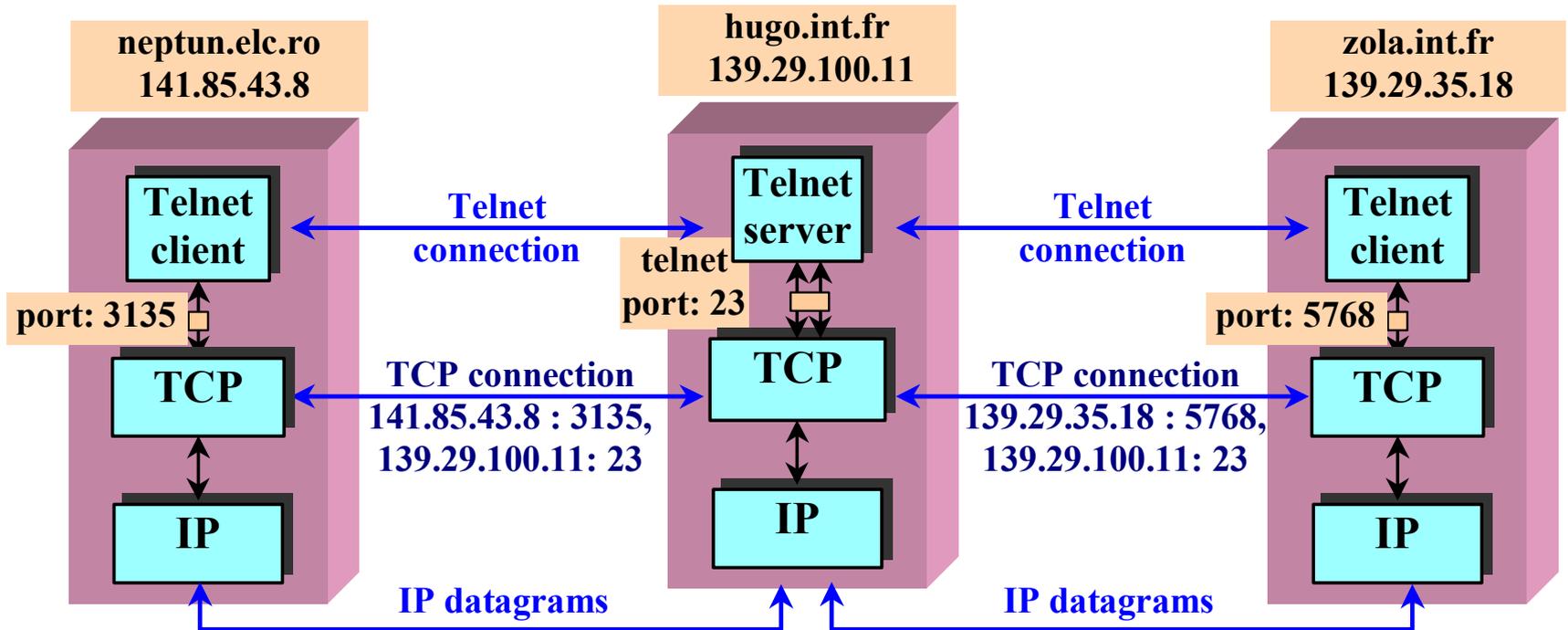
Server

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



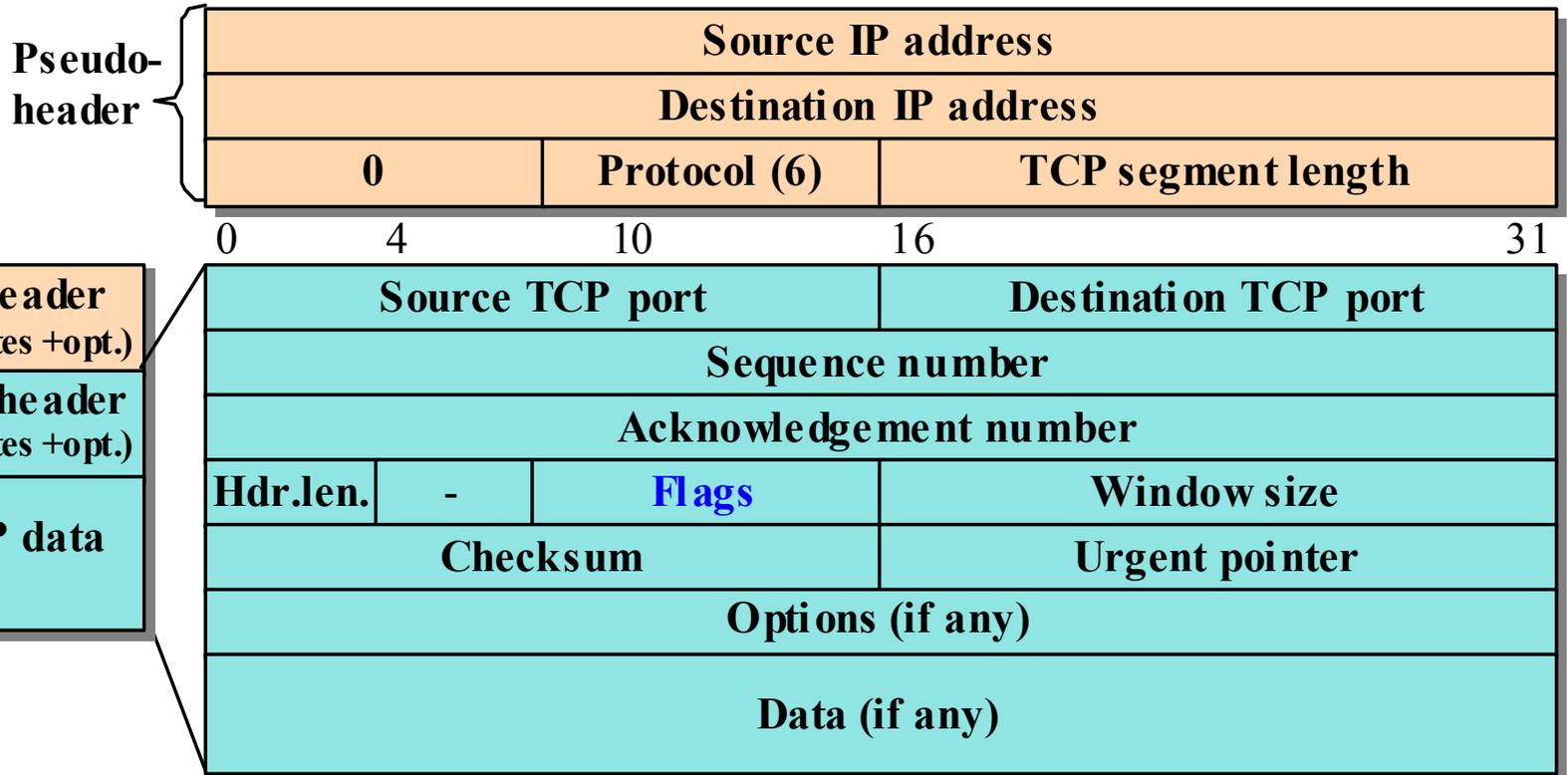
Eigenschaften von TCP und UDP

- 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

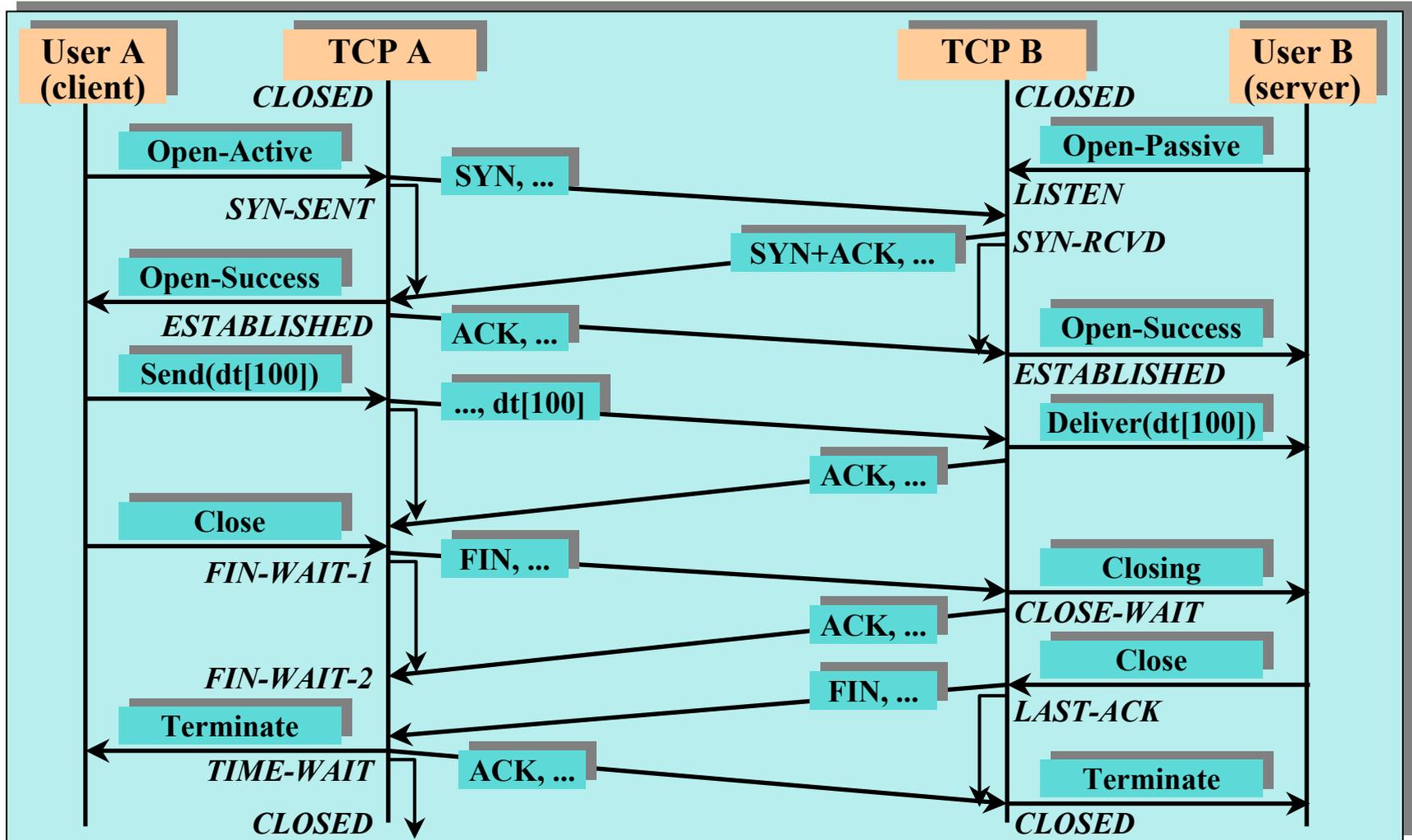
TCP Pakete („Segmente“)



Flags:

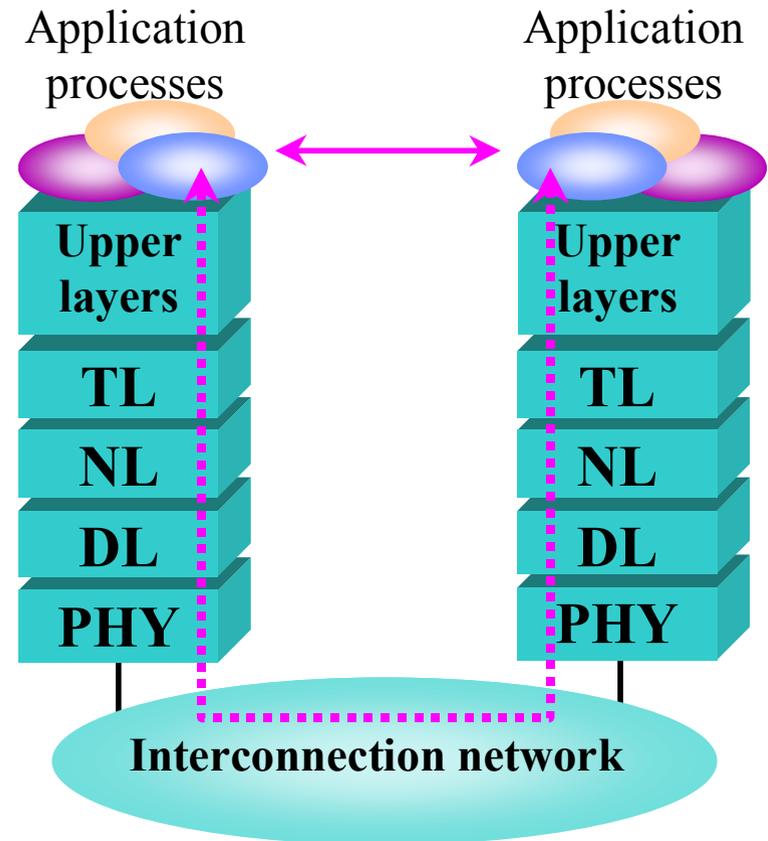


TCP Protokollablauf



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.