

Kapitel 5: Netze

Motivation und Klassifikationen von Netzen

Mehrere miteinander verbundene autonome Computer

- **Verbunden:** Kommunikation möglich
- **Autonom:** Unabhängig voneinander

Zweck

Kommunikationsmöglichkeiten: E-Mail, Surfen im Web, Telefonieren, etc.

Leistungsverbund: Die Gesamtleistung des Netzes zählt, nicht die Einzelleistung von Rechnern.

Erhöhte Zuverlässigkeit: Bei Ausfall eines Rechners können statt dessen andere Rechner genutzt werden.

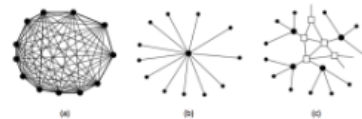
Erweitertes Dienstleistungsangebot: Dienste aller Rechner (Server) stehen allen Nutzern zur Verfügung.

Geringere Kosten: Geräte/Rechner können von allen genutzt werden.

Übertragungstechnik

Punkt-zu-Punkt-Verbindungen:

- Dedizierte Leitungen zwischen Rechnern
- Vermittlungsstationen



*A. Tanenbaum; Computer Networks; Prentice H.

Broadcast-Netze:

- Ein einziger Übertragungskanal
- Protokolle für Zugriffskontrolle



Logische Bezüge

Peer-to-Peer

- Gleichberechtigung der beteiligten Rechner
- keine Sonderaufgaben für einzelne Rechner

Client-Server

- Clients (Rechner) wollen bestimmten Dienste benutzen
- Server bieten diese Dienste an

Hybride Modelle

- **Kombination** aus Peer-to-Peer und Client-Server-Modell
- Typischer Anwendungsfall: zentraler Server, welcher einzelnen Knoten beim Entdecken von weiteren Knoten unterstützt (Beispiel: Ursprüngliche Version von Skype mit Supernodes und Login-Server (Telefonbuch))

Übertragungsbereich

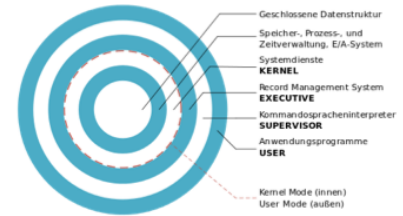
- **PAN: Personal Area Network** Vernetzung von Kleingeräten (Smartphones, Tablets, etc.)
- **LAN - Local Area Network** (meist Broadcast-Netzwerke)
- **MAN - Metropolitan Area Network** (ähnlich wie bei LAN)
- **WAN - Wide Area Network** (meist Punkt-zu-Punkt-Verbindungen)
- **GAN: Global Area Network** (Vernetzung von WANs)

Schichtenarchitekturen

- Problem in mehrere Teile zerlegen => Schichten
- Netzsoftware aus mehreren übereinander gelagerten Schichten
- Jede Schicht stellt der nächsthöheren Schicht Dienste zur Verfügung => **Schnittstelle**
- Alle Schichten implementiert Protokolle => Zusammenfassung aller **Protokollstack** genannt

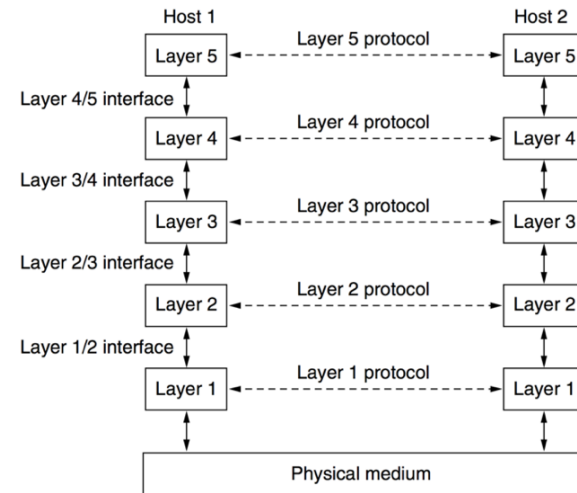
Konzeptionelle Parallele zu Schichtenarchitekturen in Betriebssystemen

- **Übergänge zwischen Schichten werden von Schnittstellen gebildet.**
- Schichten können nicht übersprungen werden.
- Die Kommunikation erfolgt über die Schnittstellen jeder einzelnen Zwischenschicht



Aufbau einer Schichtenarchitektur

- Schicht 1 (engl. layer 1) bietet eine Menge von Basis-Funktionen an.
- Menge aller Funktionen einer Schicht wird **Schnittstelle (engl. interface)** genannt.
- Mit Hilfe dieser Schnittstelle implementiert Schicht 2 ihre Funktionen.
- Die **Sendefunktionen** einer Schicht sind so entworfen, dass sie passende Empfangsfunktionen derselben Schicht auf dem anderen Host haben. **Beide folgen demselben Protokoll (engl. protocol).**



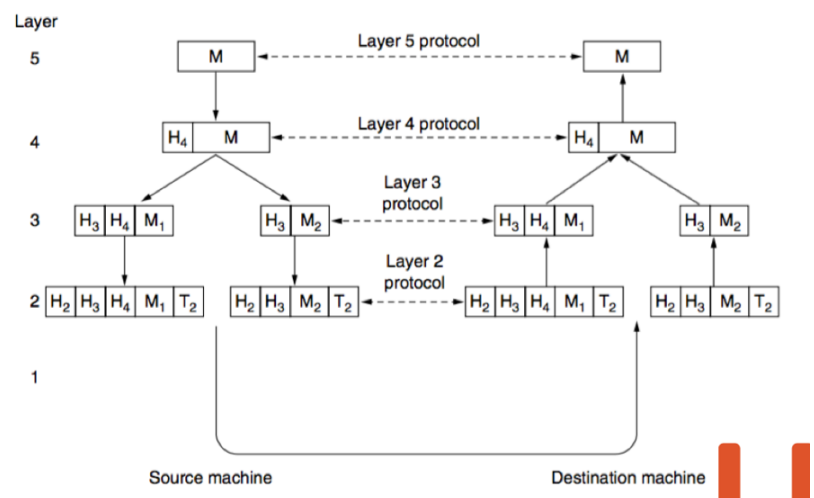
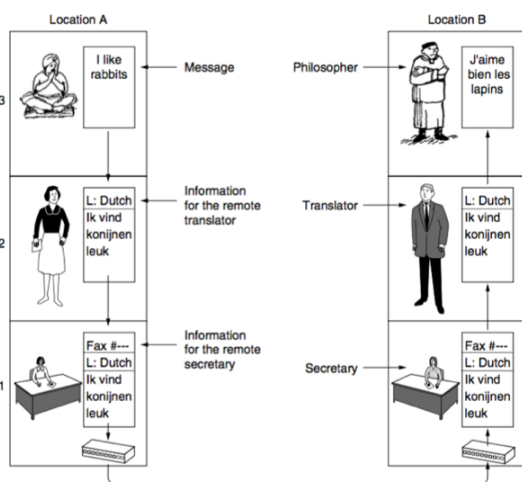
Ablauf der Kommunikation in einer Schichtenarchitektur

Logische Kommunikation

- Die korrespondierenden Schichten (z. B. Schicht 3) der beider Partner kommunizieren direkt über deren Protokoll (z. B. Schicht-3-Protokoll) miteinander.

Physische Kommunikation

- Auf der sendenden Seite stellt jede Schicht i gemäß ihres Protokolls Daten zusammen und verwendet die Dienste der direkt darunterliegenden Schicht $i - 1$, um diese Daten zu versenden.
- Schließlich werden die Daten über die Hardware zum Empfänger geschickt.
- Auf der empfangenden Seite nimmt jede Schicht von der direkt darunterliegenden Schicht $i - 1$ entgegen, interpretiert diese gemäß ihrem Protokoll und übergibt der nächst höheren Schicht $i + 1$ die von ihr erwarteten Daten.

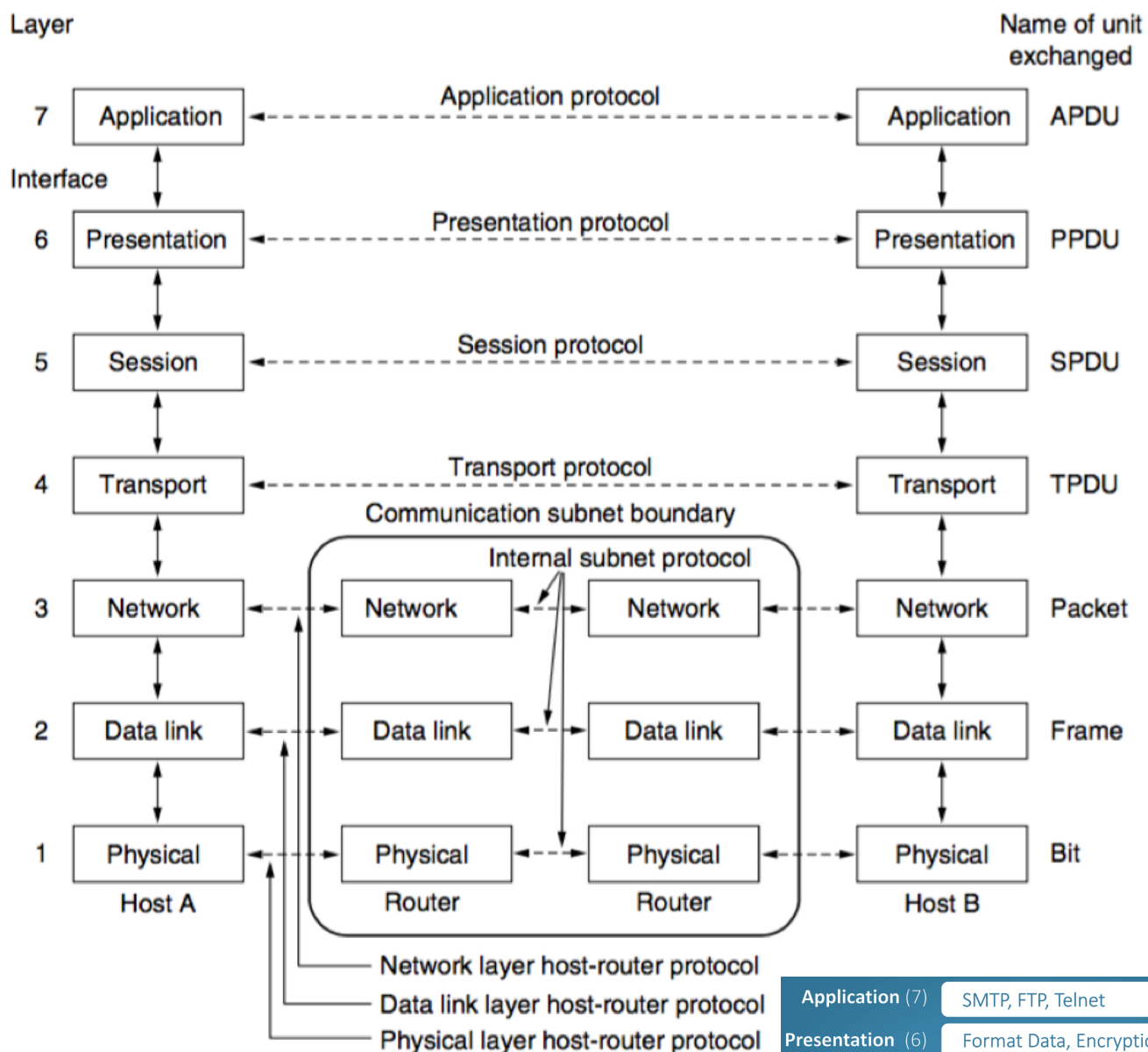


Entwurfskriterien für Schichtenmodelle

- **Zuverlässigkeit (engl. reliability)**
 - o **Fehlererkennung** (engl. error detection) bedeutet, dass damit zu rechnen ist, dass Bits bei der Übertragung verändert werden.
 - o **Fehlerkorrektur** (engl. error correction) bedeutet, dass die erkannten Fehler irgendwie behoben werden.
 - o **Wegfindung** (engl. routing) bedeutet, dass Zwischenstationen vorliegen.
- **Erweiterbarkeit** bedeutet, dass die Implementierungsdetails in den Schichten möglichst versteckt werden. Dazu bedarf es Adressierungs-Mechanismen auf jeder Ebene.
- **Ressourcenzuweisung (engl. resource allocation)** bedeutet, dass Übertragungsbandbreiten und Zwischenstationen sinnvoll ausgelastet werden. Vermeide Überlast, versuche Dienstgüte (engl. quality of service) zu garantieren.
- **Sicherheit (engl. security)**: Vertraulichkeit, Integrität, Authentizität und Verfügbarkeit.

Das ISO/OSI-Referenzmodell

- Für neue Abstraktionen wird ein neue Schicht (engl. Layer) angelegt.
- **Klare Schnittstellen**: Jede Schicht hat wohldefinierte Funktionen.
- **Funktionen** einer Schicht sollten international standardisierbar sein.
- **Kapselung**: Zwischen Schichten fließen möglichst wenig Informationen.
- Zahl der Schichten so groß wie nötig, aber so klein wie möglich.



Application (7)	SMTP, FTP, Telnet
Presentation (6)	Format Data, Encryption
Session (5)	Start & Stop Sessions
Transport (4)	TCP, UDP, Port Numbers
Network (3)	IP Address, Routers
Data Link (2)	MAC Address, Switches
Physical (1)	Cable, Network Interface Cards, Hubs

Übersicht der Layer

Layer 1 (Bitübertragung, (engl. Physical))

- **Sende „rohe“ Bits über Kommunikationskanal**
- Lege physikalische Eigenschaften fest:
 - (1) Darstellung von Bits (elektrisch, optisch, usw),
 - (2) Übertragungsrichtung festlegen (simplex vs. duplex).
- **Es geht um mechanische (Stecker), elektrische und zeitliche (engl. timing) Probleme.**

Layer 2 (Data Link Layer)

- **Gruppiere Bits in Rahmen (engl. frame) und übertrage diese.**
- **Erste Fehlererkennungsmechanismen werden eingefügt**
- Behandle Probleme wie:
 - (1) Zerstörte, verlorengegangene, doppelte Rahmen,
 - (2) Geschwindigkeitsunterschiede Sender-Empfänger,
 - (3) Zugriff auf das Übertragungsmedium.

Layer 3 (Vermittlung (engl. Network))

- **Realisiere Ende-zu-Ende Übertragung durch geeignete Wegfindung (engl. routing).**
- Abstrahiere von unterschiedlichen Übertragungstechniken und biete ein einheitliches Adressierungsschema für Rechner (engl. host).
- Gehe mit „Überlast“ (engl. congestion) um, versuche Quality of Service sicherzustellen.

Layer 4 (Transport)

- **Übertrage Daten von Prozess zu Prozess.** TCP -
- Baue Verbindungen auf und ab.
- Zerlege große Nachrichten in Teile, übertrage Teile und setze Teile beim Empfänger wieder richtig zusammen.
- Biete Zuverlässigkeit, indem verloren gegangene Teile erneut übertragen werden.
- Abstrahiere von Zwischenknoten

Layer 5 (Sitzung, (engl. session))

- **Baue Sitzung zwischen zwei**
- **Rechnern/Benutzern auf.**
- Dialogsteuerung: wer darf senden, wer muss warten.
- Synchronisation: Setze unterbrochene Übertragungen neu auf.

Layer 6 (Presentation)

- **Betrachte Syntax und Semantik der übertragenen Bits.**
- Abstrahiere von Zeichensatzkodierungen (ASCII, EBCDIC, Unicode)
- Erlaube komplexere Datenstrukturen (Banküberweisung)

Layer 7 (Anwendung, (engl. application))

- **Biete Anwendungsprotokolle für Benutzerprogramme.**
- Vielzahl von Protokollen existiert: (1) HTTP, (2) SMTP, (3) IMAP 4, (4) FTP, (5) DNS, usw.
- Thema von Betriebssysteme und Netze 2 im nächsten Semester.

„Layer 8“

- Gibt es im ISO/OSI-Protokollstack nicht.
- Über den Anwendungen sitzt d* Anwender*in (Benutzer*in)
- Netzproblem auf „Layer 8“ = Fehlbedienung durch Benutzer*in

Layer 1 — Aufgaben und Übertragungsmedien

- Lege Signalart (elektrisch, optisch, elektromagnetisch) und Codierung (was bedeutet 1, was 0) fest.
- Definiere Kabel und Steckertypen.

Übertragungsmedien:

Koaxialkabel:

- Ein relativ dicker Draht mit Isolierung und einer Ummantelung zur Abschirmung.

Eigenschaften:

- Kann hochfrequente Signale (bis 1 GHz) übertragen, auf mehreren Kanälen gleichzeitig.
- Hohe Reichweite, mehrere Kilometer Abschirmung äußerer Einflüsse
- Hohe Kosten, großer Biegeradius

Beispiel: Kabelfernsehen

Twisted Pair Kabel:

- Verdrillte isolierte dünne Kupferkabel.

Eigenschaften:

- Vier verdrillte Kabelpaare,
- Niedrigere Reichweite, gerade bei hohen Frequenzen.
- Gute Abschirmung erforderlich, sonst Signalstörungen. Abschirmung um Doppelader und/oder gesamtes Kabel möglich.
- Gut verlegbar, niedrige Biegeradien.
- Telefonnetz und Ethernet basieren auf diesem Kabeltyp.

Beispiel: Telefon, Ethernet

Lichtwellenleiter (Glasfaser): Dünne empfindliche Glasfaser.

- Übertragung besteht aus drei Komponenten:
 1. Lichtquelle: LED oder Laser
 2. Übertragungsmedium: hauchdünne Glasfaser
 3. Detektor (Fotodiode): empfängt Licht, erzeugt elektrischen Impuls.
 - Sehr hohe Datenraten erreichbar: > 1 TBit/s; große Reichweite; Signalfrequenz 10¹⁴ . . . 10¹⁵ Hz.
 - Lichtstrahl wird in Glasfaser ab bestimmten Einfallswinkel reflektiert.
 - Aufwendig zu verlegen, schwierig abzuhören.
- Beispiel: Glasfaseranschluss der Telekom

WLAN:

- Elektromagnetische Wellen.
- Idee: Benutze elektromagnetische Funkwellen zur Datenübertragung.
- WLAN ist immer ein Broadcast Medium(!), d. h. jeder, der eine Antenne hochhält kann die Signale empfangen.

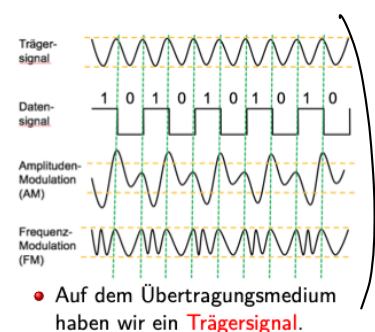
Spezielle Probleme:

- (1) Medienzugriff. Wer darf wann senden?
- (2) Wie wird ein lokales Netz gebildet?
- (3) Kollisionserkennung?
- (4) Sicherheit?

Beispiele: Eduroam oder Heimnetze

Modulation

- In Abhängigkeit vom **Datensignal**, das wir senden wollen, ändert die Modulation das Trägersignal.
- Die **Abtastfrequenz** sagt, wie oft der Empfänger das Signal misst, um das Ursprungssignal zu rekonstruieren.
- Empfänger muss Modulation rückgängig machen (Demodulation). Das Gerät hierfür heißt **Modem**
- Werden nicht nur zwei Amplituden bzw. Frequenzen verwendet, lässt sich bei einer Abtastung auch mehr als 1 Bit übertragen.



Einige allgemeine Kenngrößen

Kenngrößen und Codierung

- **Bandbreite** gibt Frequenzdifferenz an, die ohne signifikante Verluste übertragen werden kann. Wird in Hertz (Hz) gemessen.
- **Signalfrequenz** gibt an, wie oft sich der Signalwert pro Sekunde ändert. Wird in baud gemessen.
- **Datenrate** gibt an, wie viele Bit pro Sekunde übertragen werden können. Wird in Bit/s oder bps gemessen.
- **Codierung** gibt an, welche Signaländerungen welchem Bit entsprechen sollen.
- Die **Datenrate** wird auch **Übertragungsgeschwindigkeit** genannt. Manchmal wird hier auch der Begriff **Bandbreite** benutzt.
- **Durchsatz**: Tatsächlich verfügbare, gemessene Übertragungsgeschwindigkeit. Beispiel: Fast-Ethernet schafft ca. 10 MB/s Durchsatz bei file transfer. (Eigentlich sind 10 MB aber nur 80 Mbit)
- **Latenz**: Zeitliche Verzögerung bis zur Datenankunft beim Empfänger. Wird durch Ausbreitungsgeschwindigkeit der Signale bestimmt. Dazu kommen Verzögerungen durch Zwischenstationen.
- **Round Trip Time (RTT)**: Dauer einer kompletten Kommunikationsrunde, d. h. Zeit zwischen Absenden einer Nachricht und Ankunft der Antwort beim Absender.

Zusammenfassung Netze, Schichten, Layer 1

- Rechnernetz besteht aus miteinander verbundenen autonomen Rechnern.
- Klassifikation nach Übertragungstechnik, Übertragungsreichweite möglich.
- Schichtenarchitekturen helfen bei Bewältigung der Komplexität.
- Schichten bieten Dienste an und kommunizieren über ein Protokoll mit der Gegenseite.
- Das ISO/OSI-Referenzmodell umfasst sieben Schichten.
- Schicht 1 befasst sich mit den Übertragungsmedien und stellt einen Kommunikationskanal für „rohe“ Bits zur Verfügung.