

Rechnernetze

Kapitel 1: Einführung

Prof. Dr. Wolfgang Mühlbauer

Fakultät für Informatik

wolfgang.muehlbauer@th-rosenheim.de

Wintersemester 2019/2020

Folien basieren teilweise auf:

J. Kurose, K. Ross: Computer Networks – A Top-Down Approach

A. Tanenbaum, D. Wetherall: Computer Networks

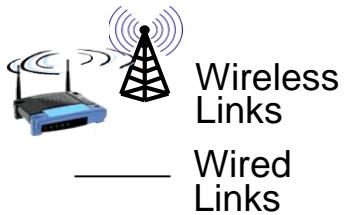
- ❑ **Aufbau des Internets**
- ❑ Grundlagen der Datenübertragung
 - Paket- vs. Leitungsvermittlung
 - Delay, Paketverlust und Throughput
- ❑ Schichtenmodell

Internet: Aufbau und Hardware



□ Milliarden verbundener Geräte

- **Host** = Endsystem
- Netzapplikationen



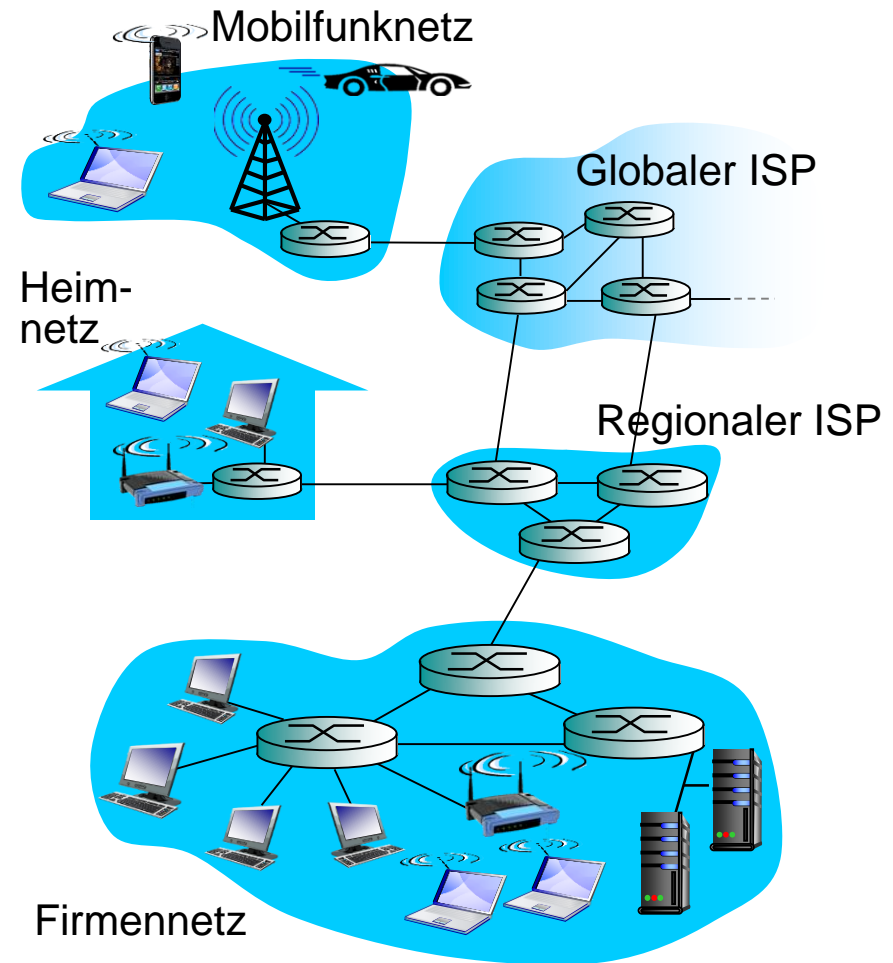
□ Kommunikationsverbindungen

- **Link**
- **Glasfaser, Kupfer, Funk, Satellit**



□ Weiterleitende Geräte:

- **Router** und **Switches**



Internet: Organisation, Begriffe

❑ “Netz der Netze”

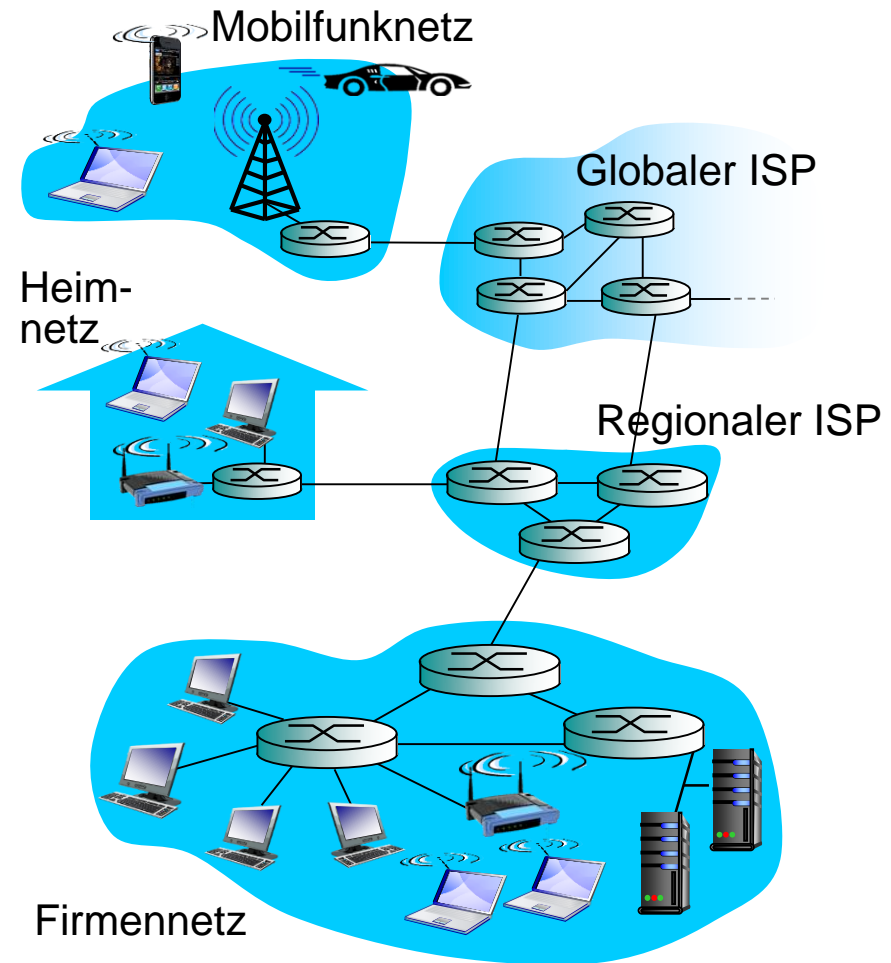
- Internet Service Provider (ISP), Firmen, Universitäten
- Netze sind autonom.
- Netze tauschen Daten aus.

❑ Protokolle

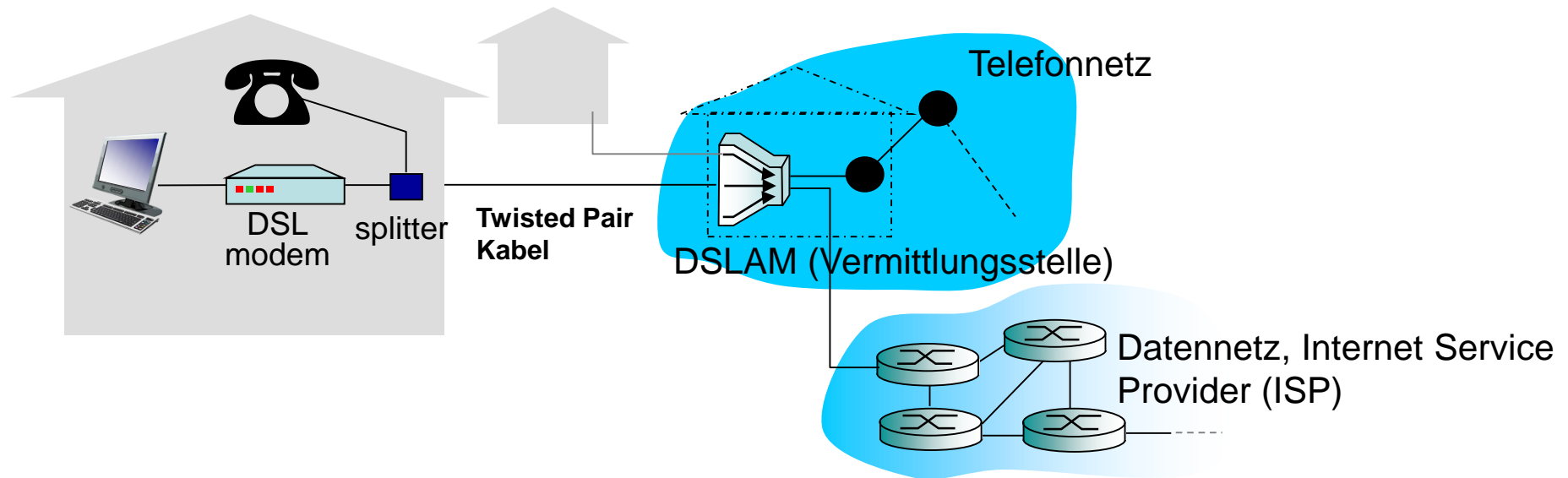
- Definieren Nachrichtenformate, Bedeutung und Reihenfolge der Nachrichten.
- Beispiele: TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11

❑ Internet Standards

- Definition von Protokollen.
- RFC: Request for Comments, spezifiziert durch Internet Engineering Task Force (IETF)

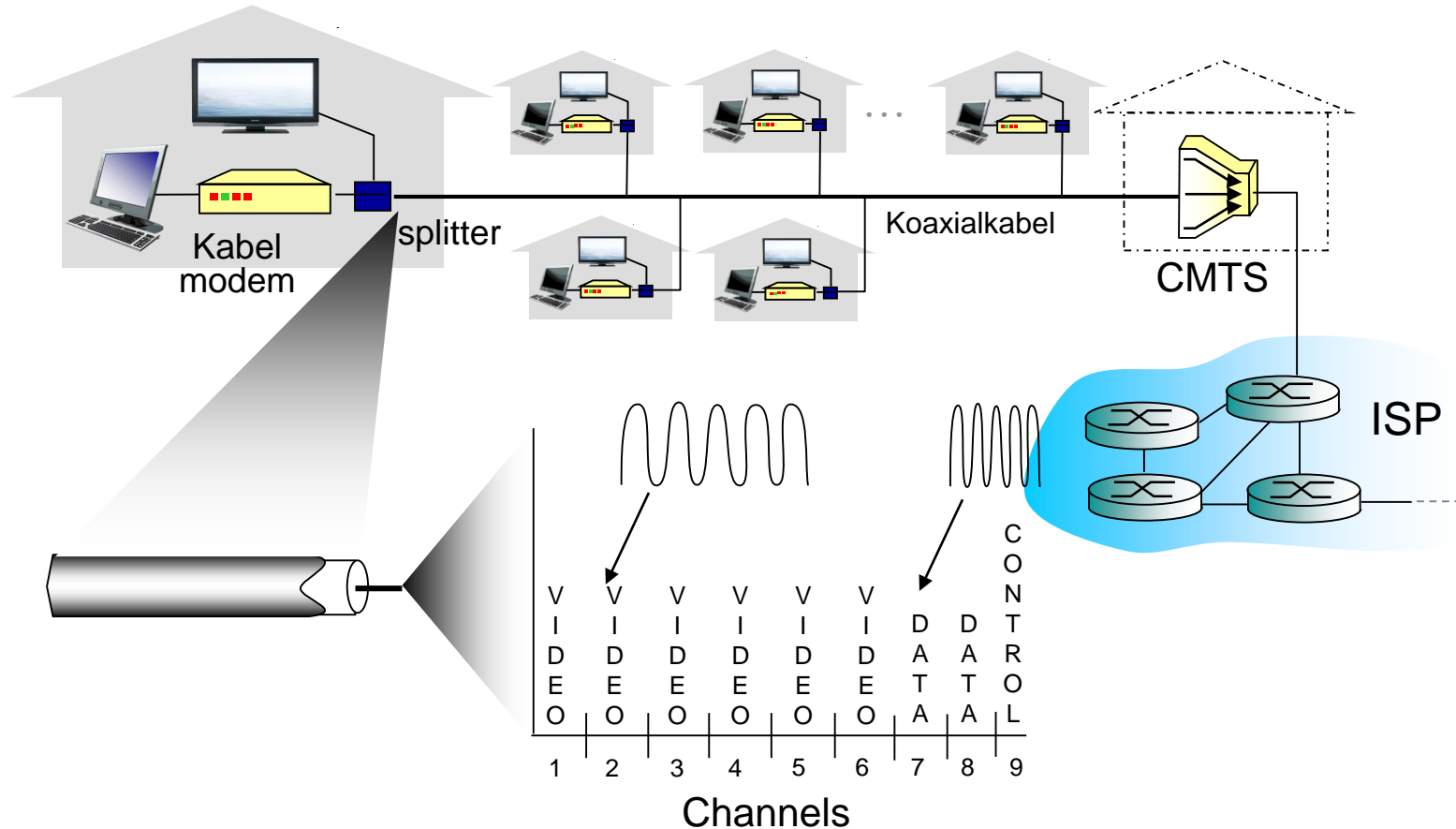


Zugang im Heimnetz: Digital Subscriber Line (DSL)



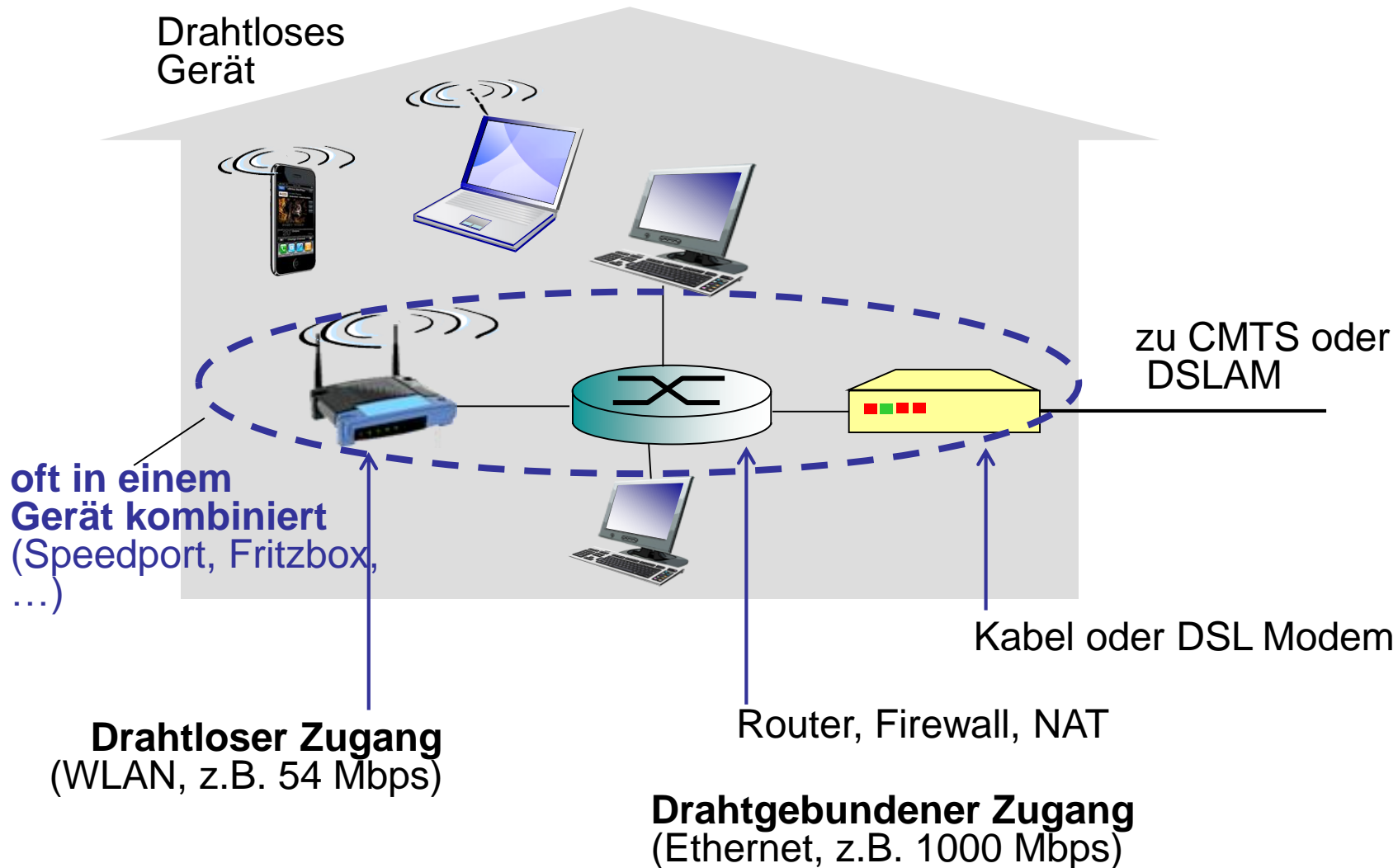
- ❑ Kupferleitung transportiert ***Daten und klassische Telefonie***
 - Zunehmend: Klassische Telefone == Daten, d.h. VoIP
- ❑ ***DSL Modem***
 - Übersetzt digitale Bitfolge in hochfrequente Töne
 - Früher: 0-4 kHz Sprache, 4-50 kHz Upstream Daten, 50 kHz- 1MHz Downstream Daten
- ❑ ***DSLAM: Digital Subscriber Line Access Multiplexer***
 - Rückübersetzung in digitale Signale, Trennung von Daten und Sprache
 - In Vermittlungsstelle, zunehmend noch näher am Endnutzer

Zugang im Heimnetz: Kabel



- ❑ **CMTS:** entspricht DSLAM bei DSL
- ❑ **Daten und TV** auf verschiedenen Frequenzen
- ❑ Endzugänge teilen sich Netz bis zum CMTS

Innenansicht eines typischen Zugangsnetzes



Publikums-Joker: Home Router

Was ist **keine** Aufgabe eines typischen Home Routers (Fritzbox, Speedport, etc.)?

- A. DHCP Server
- B. WLAN Access Point
- C. IP Router
- D. Mail Server
- E. DSL Modem / Kabelmodem
- F. DNS Resolver



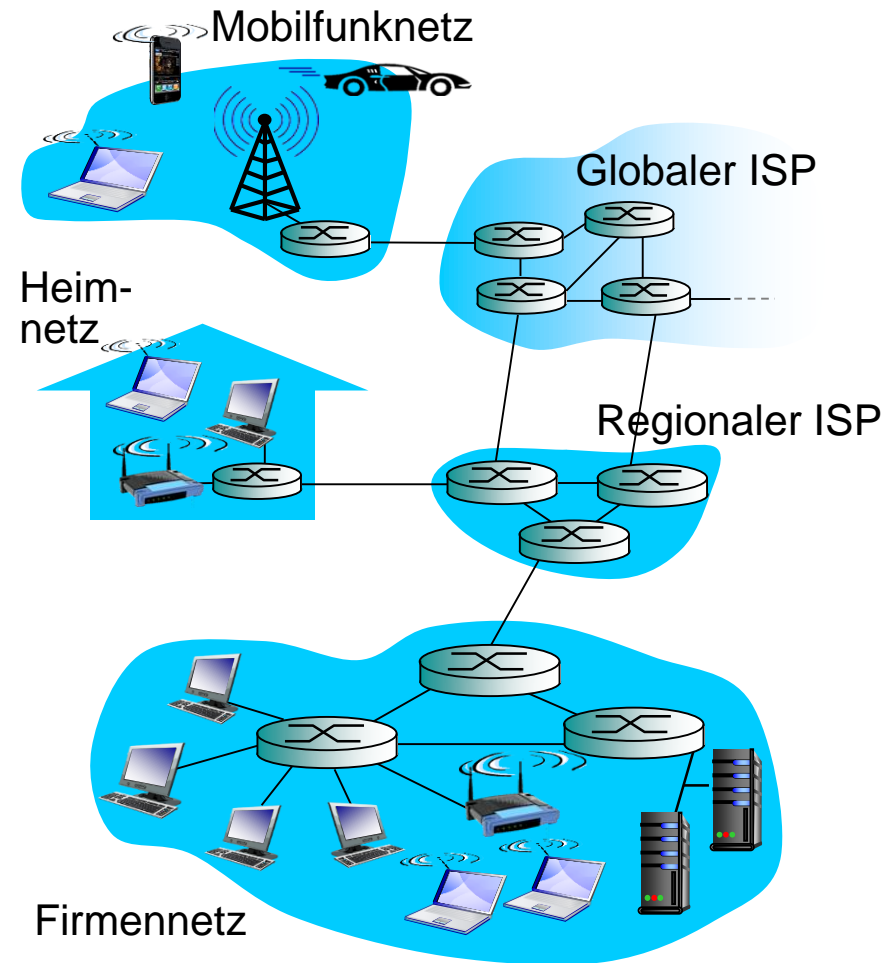
Das Internet besteht aus 2 Regionen

□ Zugangsnetze

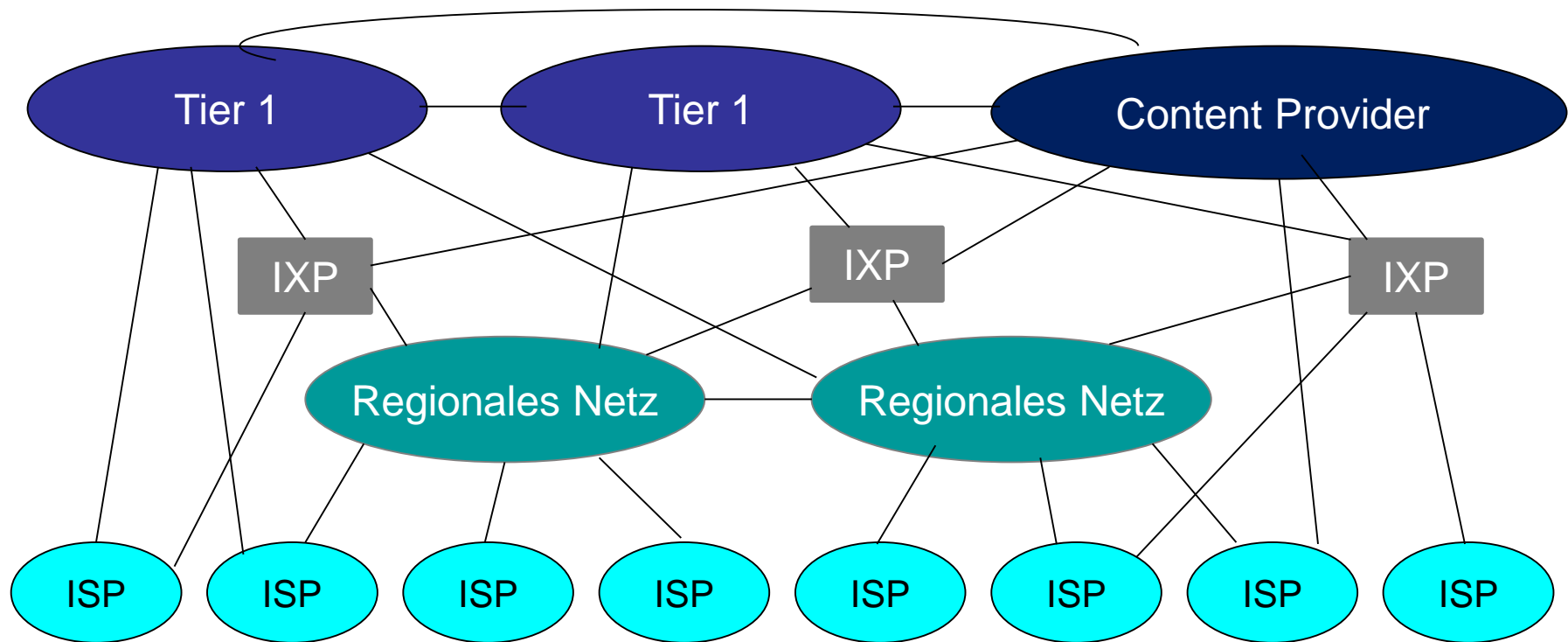
- Verbinden Hosts mit dem Internet.
- Heimnetze, Firmennetze, Mobilfunknetze.
- Drahtgebundene und drahtlose Kommunikation.

□ Internetkern / "Backbone"

- Backbone-Router, die mit anderen Routern verbunden sind.
- Hierarchie: Netz bestehend aus (Sub)netzen



Internet Hierarchie



❑ “Tier-1”

- Sehr gut verbundene Netze
- Infrastruktur-Service: Anbinden kleinerer ISPs
- Nationale und internationale Abdeckung
- Beispiele: AT&T, Deutsche Telekom, Sprint

❑ Internet Exchange Point (IXP)

- Treffpunkt / Kreuzung im Internet
- Hier können Netze Daten austauschen

❑ Content Provider Netzwerke

- Eigenes weltweites Netz, Anbieter von Daten
- Beispiele: Google, Microsoft, Akamai, Cloudflare

❑ Zugangsnetze / Internet Service Provider (ISP)

- Zugang für Endkunden
- Beispiele: Komro, MNet, Uninetz, Firmennetz usw.

Publikums-Joker: Internet Exchange Points

Ordnen Sie die Internet Exchange Points (IXPs) aufsteigend nach ihrem Datenvolumen!

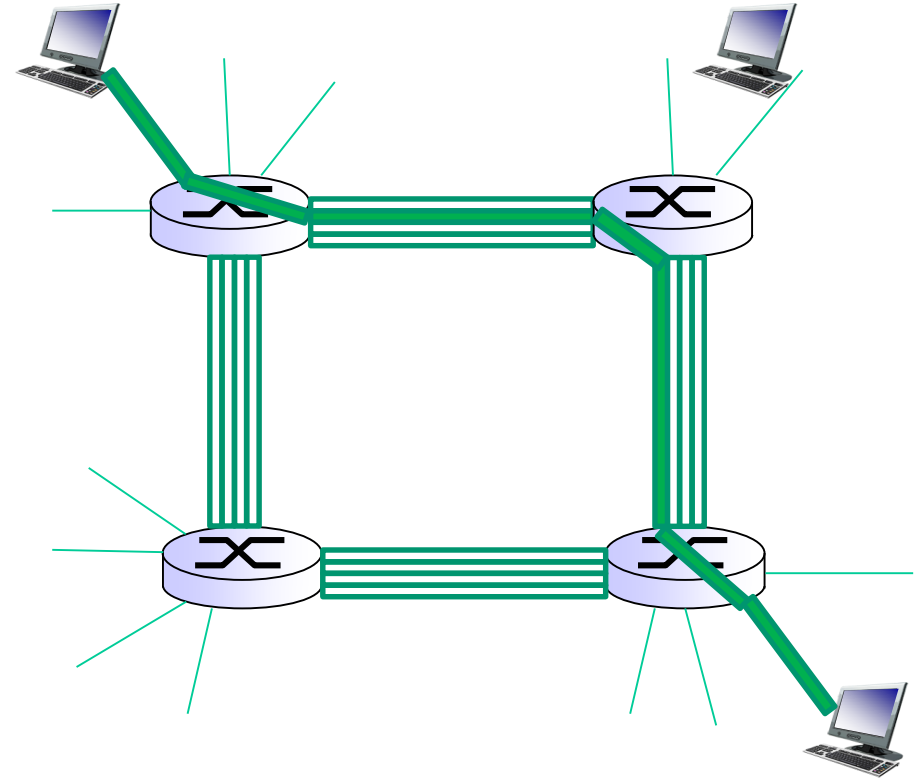
- A. Zürich < Frankfurt < Amsterdam < London
- B. Amsterdam < Zürich < London < Frankfurt
- C. Zürich < London < Amsterdam < Frankfurt



- ❑ Aufbau des Internets
- ❑ Grundlagen der Datenübertragung
 - Paket- vs. Leitungsvermittlung
 - Delay, Paketverlust und
- ❑ Schichtenmodell

Leitungsvermittlung (engl. Circuit Switching)

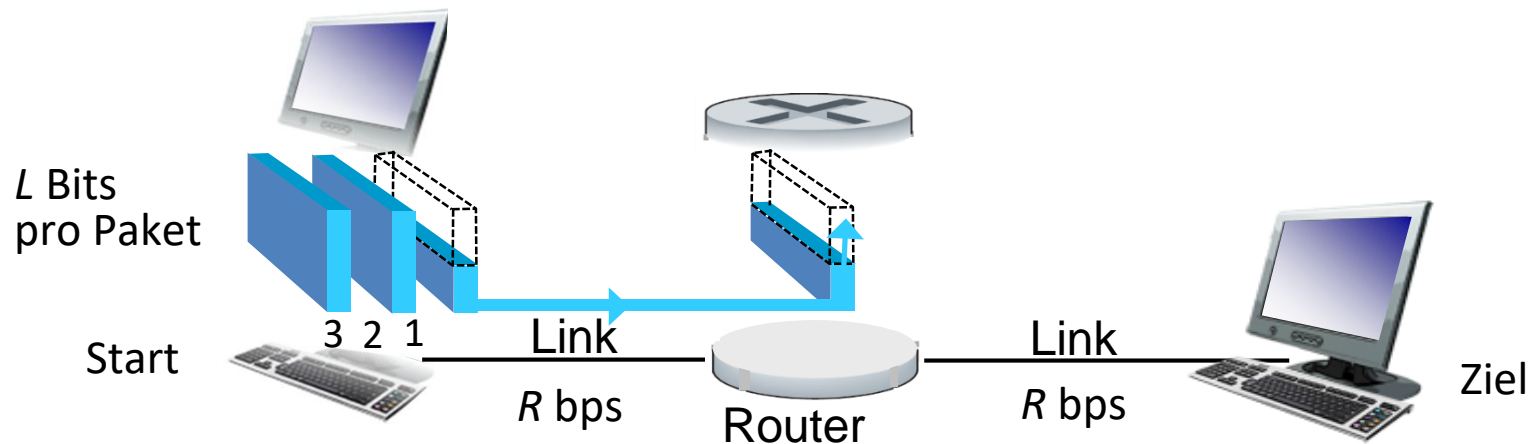
- ❑ Benötigte Ressourcen müssen vorab **reserviert** werden.
 - Verbindung nur zugelassen, falls ausreichend Netzkapazität.
 - Ansonsten: Ablehnen!
- ❑ Senden eines kontinuierlichen Datenstroms
 - Übertragungsrate ist "garantiert".
- ❑ Ggfs. werden Ressourcen verschwendet! Warum?



Jeder Link hat 4 Leitungen. Anruf bekommt die 2. Leitung im 1. Link und die 1. Leitung im 2. Link.

Paketvermittlung (engl. Packet Switching)

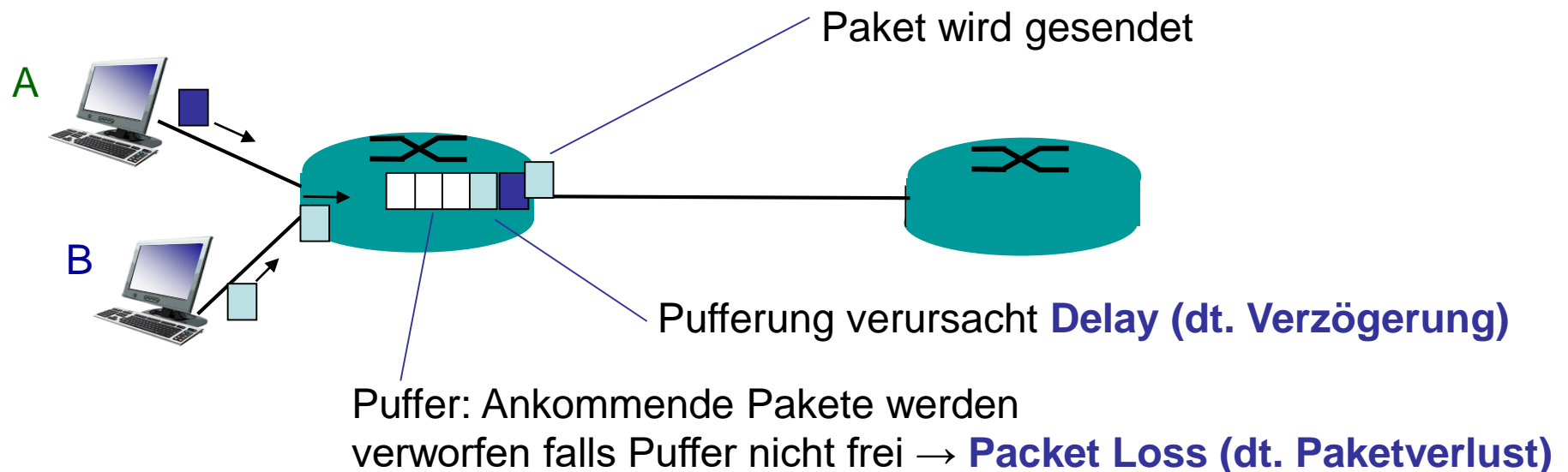
- Host teilt Nachricht in kleine Stücke (**Pakete**) der Länge L auf und schickt diese unabhängig voneinander los.
- Pakete reisen **unabhängig** über mehrere Links und Router in Richtung Ziel
 - Jeder Link: Übertragung mit maximaler Übertragungsrate R (z.B. 100 Mbps)
 - Gleichzeitige Pakete müssen sich einen Link teilen und müssen zeitlich hintereinander gesendet werden.
 - Jeder Router: **Store-and-Forward**
 - Jeder Router muss erst gesamtes Paket empfangen bevor er anfängt das Paket auf den ausgehenden Link zu legen.



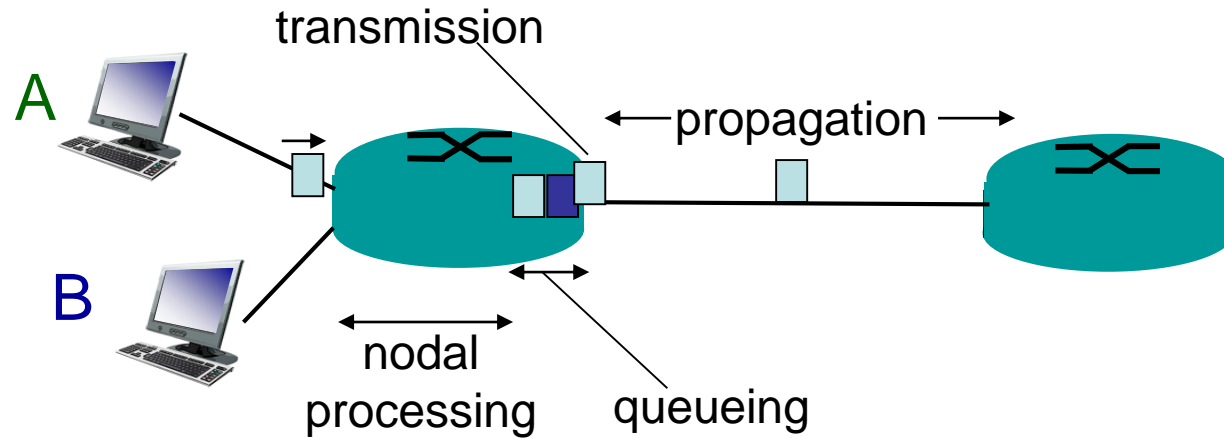
Wie entsteht Paketverlust und -verzögerung?

❑ Router: Zwischenspeichern von Paketen in Puffern

- Eingangsrate kann zwischenzeitlich vorhandene Kapazität auf der Ausgangsverbindung überschreiten.
- Paket muss warten bis es an der Reihe ist.



Was verursacht Paketverzögerung?



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

□ **Transmission Delay d_{trans} :**

- "Serialisierung", Paket auf die Reise schicken.
- L : Paketlänge(Bits)
- R : Bandbreite des Links (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

□ **Propagation Delay d_{prop} :**

- Wieviel Zeit benötigt Bit für die Strecke?
- s : Länge des Links
- v : Ausbreitungsgeschwindigkeit im Übertragungsmedium ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- $d_{\text{prop}} = s/v$



Nicht verwechseln!

<http://www.ccs-labs.org/teaching/rn/animations/propagation/>

Publikums-Joker: Schichtenmodell

Paketvermittlung: Eine Quelle sendet über mehrere Router von einer Quelle zu einem Ziel. Alle Pakete folgen der gleichen Route. Welche der folgenden Delay-Komponenten **variiert** für jedes Paket?

- A. Processing delay d_{proc}
- B. Queuing delay d_{queue}
- C. Transmission delay d_{trans}
- D. Propagation delay d_{prop}



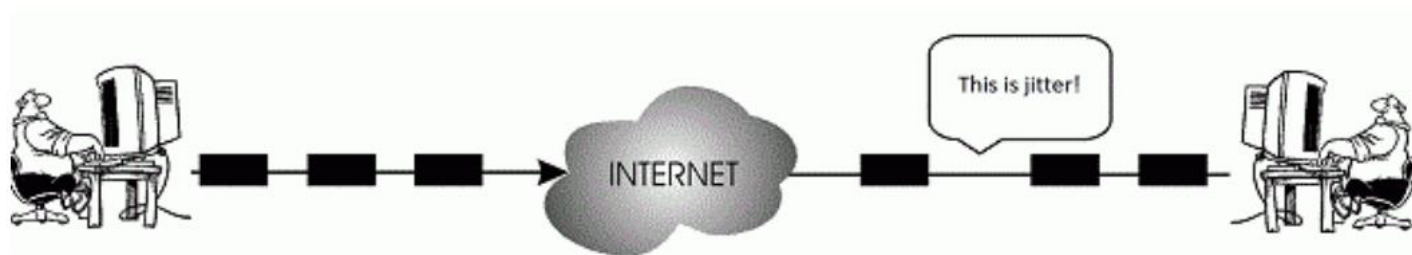
Begriffe: Delay, Jitter, Throughput

□ **Delay, Latency**

- Paketverzögerung
- Wie lange dauert es, bis Paket komplett von *A* nach *B* übertragen ist?
- d_{proc} , d_{queue} , d_{trans} , d_{prop}

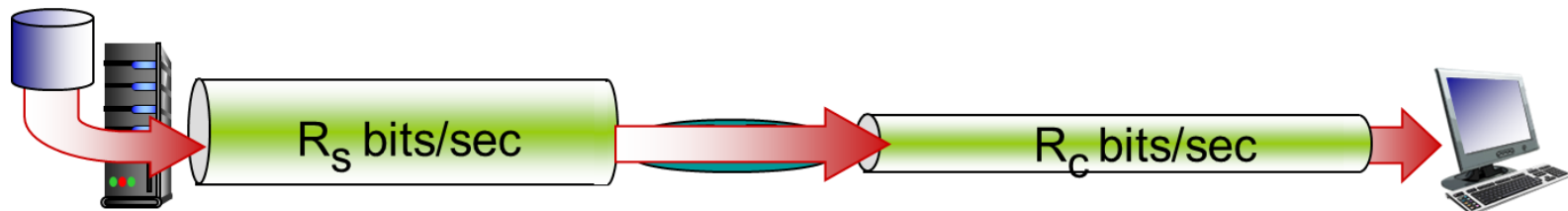
□ **Jitter**

- Varianz der Laufzeit (Delay) von Datenpaketen über die Zeit



□ **Throughput**

- Durchsatz, erzielte Datenrate.
- Der Flaschenhals R_c bestimmt den Durchsatz.



Einschub: Metrische Einheiten

Prefix	Exp.	prefix	exp.
K(ilo)	10^3	m(illi)	10^{-3}
M(ega)	10^6	μ (micro)	10^{-6}
G(iga)	10^9	n(ano)	10^{-9}

- ❑ Überblickerweise: 10er Potenzen für Datenraten, 2er Potenzen für Speicher
 - Beispiel Raten: 1 Mbps = 1,000,000 bps,
 - Beispiel Speicher: 1 KB = 1024 bytes
- ❑ “B” is for bytes, “b” is for bits

- ❑ Aufbau des Internets

- ❑ Grundlagen der Datenübertragung
 - Paket- vs. Leitungsvermittlung
 - Delay, Paketverlust und Throughput

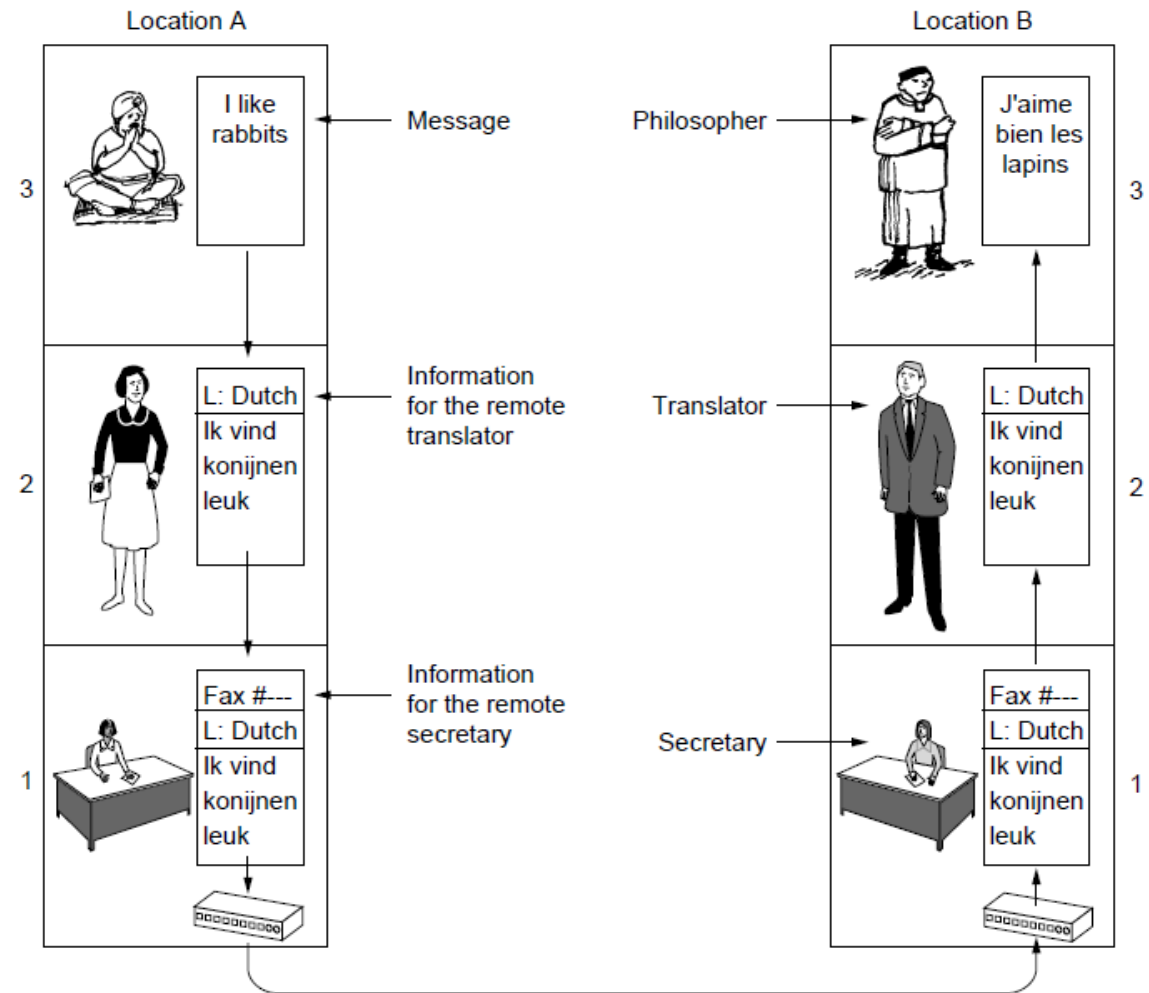
- ❑ **Schichtenmodell**

Motivation: Schichtenmodell

- ❑ Wie bekommt man **Komplexität** in den Griff?
 - Heterogene Netze verschiedener Organisationen
 - Milliarden Hosts mit unterschiedlichen Eigenschaften.
- ❑ Wie fügt man neue „Features“ hinzu, ohne von vorne zu entwickeln/programmieren?
- ❑ Wie kann man die für Datenkommunikation notwendige Hardware, Treiber und Anwendungen modular entwickeln und programmieren?
- ❑ Lösung: **Schichtenmodell**
- ❑ Beispiele aus dem Alltag:
 - Versenden von Post
 - Philosoph, Übersetzer, Sekretär

Philosoph, Übersetzer, Sekretär

- ❑ 2 Philosophen wollen miteinander diskutieren
 - 1 Philosoph spricht nur Englisch
 - 1 Philosoph spricht nur Französisch
- ❑ Beide Sekretärinnen sprechen Holländisch
- ❑ Protokolle auf den 3 Schichten dienen unterschiedlichen Zwecken



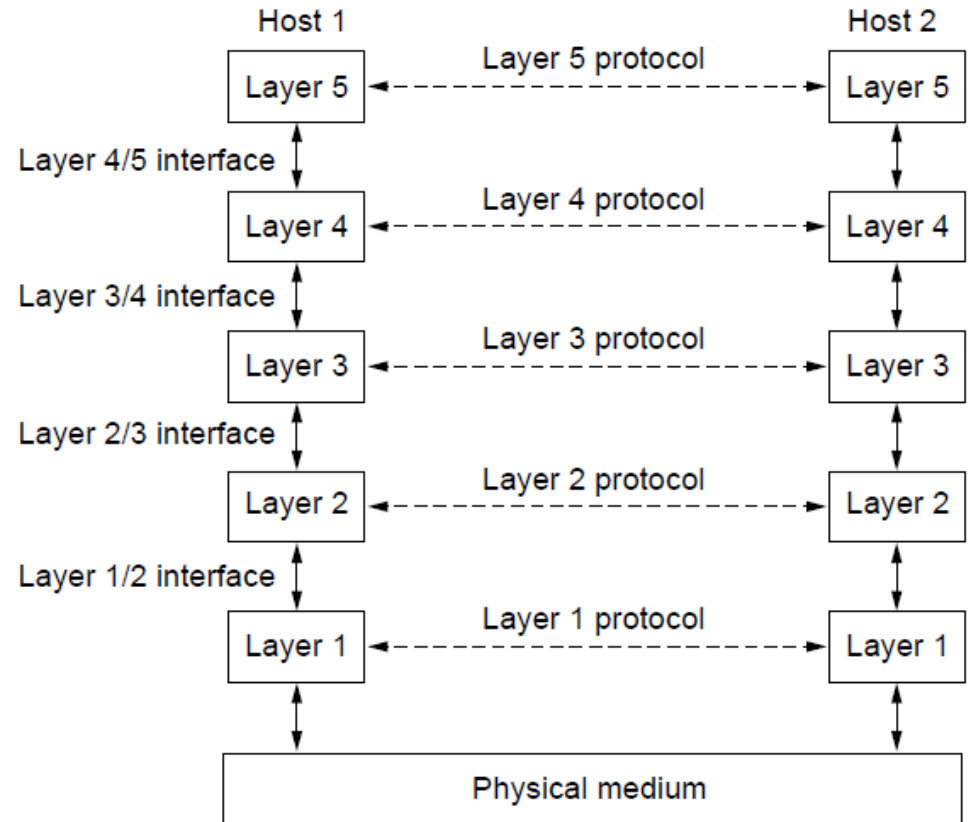
Horizontale und vertikale Kommunikation

□ Horizontal:

- Jede Protokollinstanz spricht **virtuell** mit der Protokollinstanz auf gleicher Schicht gegenüber.

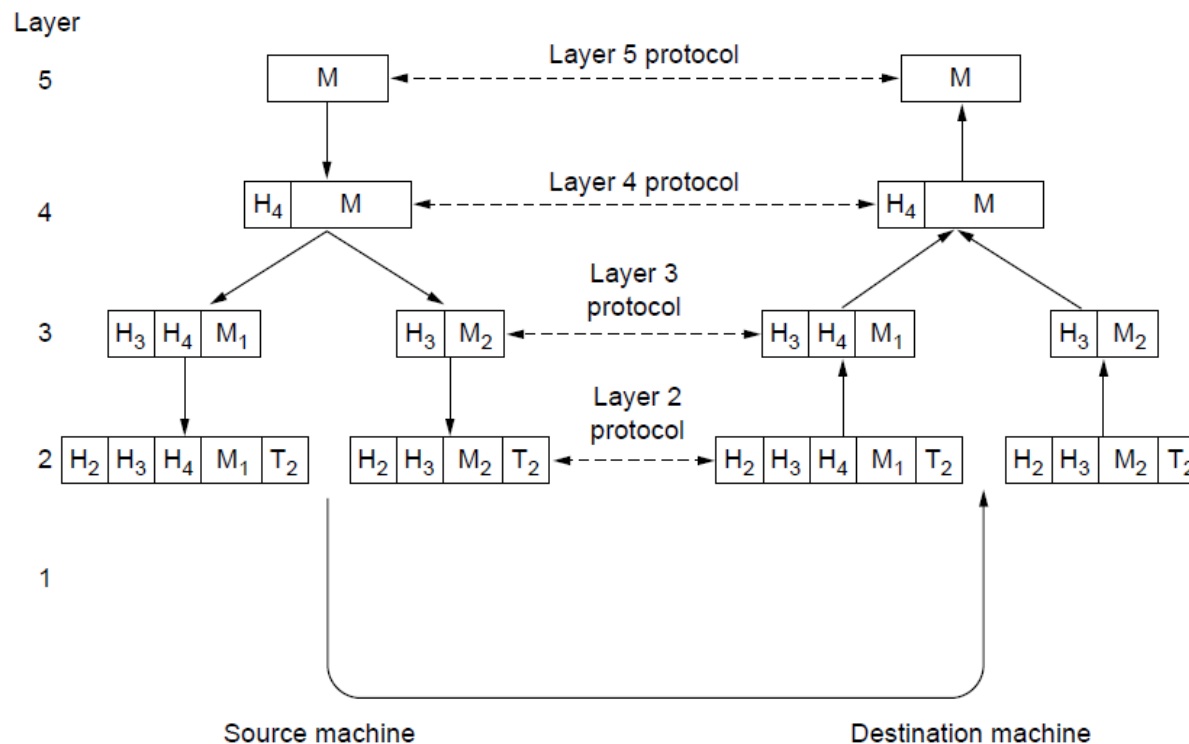
□ Vertikal: Jede Schicht

- verwendet die Services der Schicht darunter
- stellt nach oben einen "neuen" Service bereit (Service Access Point = SAP)



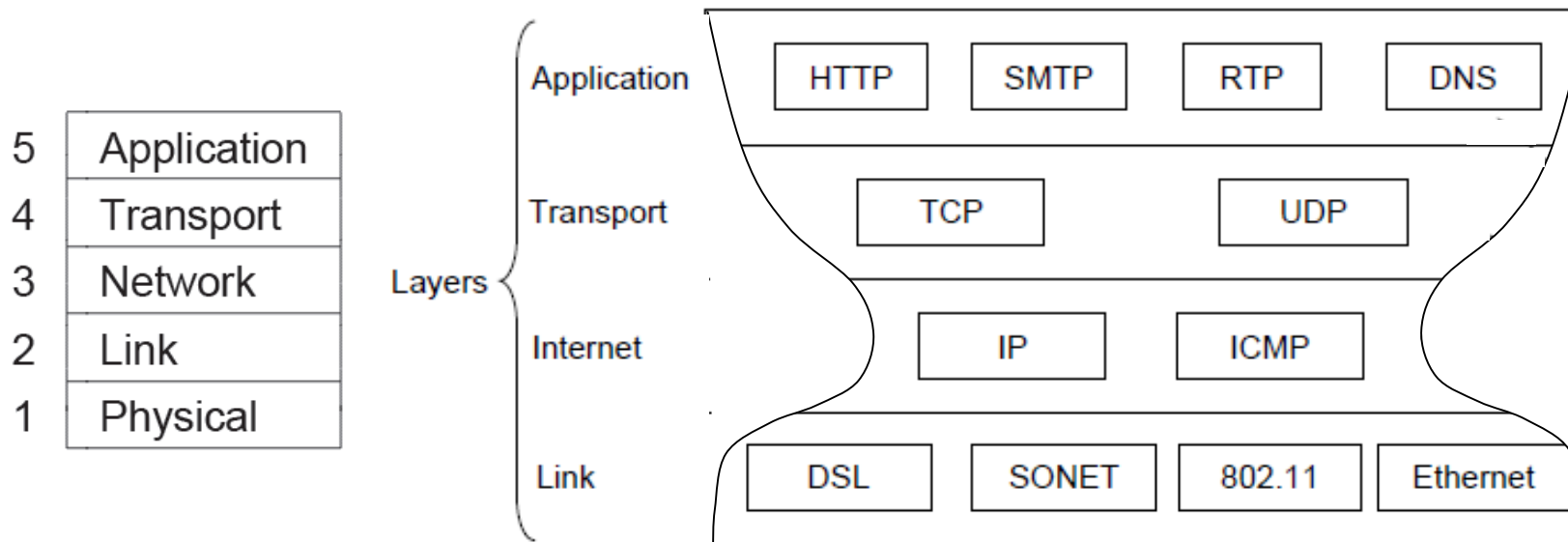
Schichtenmodell: Implementierung durch Header

- ❑ Jede Schicht fügt an zu übertragende Nachricht ihren eigenen **Header** hinzu. Der Empfänger entfernt diesen Header wieder.
 - Header = Briefumschlag bzw. Steuerungsinformation
- ❑ Manche Schichten teilen (zu große) Nachrichten auch auf. Die Nachricht wird dann auf der Gegenseite wieder zusammengefügt. .



TCP/IP Referenzmodell: Schichten des Internets

- Der Internet TCP/IP Stack besteht aus nur 5 Schichten:



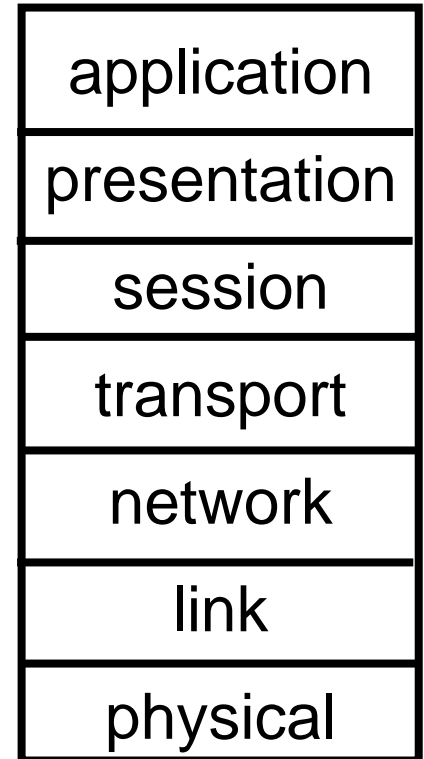
IP ist das
Bindeglied des
Internets!

TCP/IP Schichtenmodell

- ❑ **Schicht 5: Application Layer → Message**
 - FTP, SMTP, HTTP, DNS
- ❑ **Schicht 4: Transport Layer (Schicht 4) → Segment**
 - TCP, UDP
 - Aufbau einer Verbindung zwischen *Prozessen* zweier Hosts
 - Evtl.: Erkennen und Behandeln von Paketverlusten und Überlastungen des Netzes
- ❑ **Schicht 3: Network Layer (Schicht 3) → Datagramm**
 - IPv4, IPv6, X.25
 - Ende-zu-Ende Verbindung zwischen Start- und Zielhost
 - Forwarding, Routing, Adressierung
- ❑ **Schicht 2: Data Link Layer (Schicht 2) → Frame**
 - Verschiedene Linktechniken: Ethernet, WLAN, PPP
 - Rahmenbildung, Fehlererkennung und -korrektor
 - Medienzugriff: Wer darf gerade den Link benutzen?
 - Evtl. Flusskontrolle: Empfänger nicht mit Daten überfluten
- ❑ **Schicht 1: Physical Layer → Bits**
 - Wie werden Bits übertragen? Frequenzen, Modulation, Spannungsverläufe
 - Übertragungsmedien (Kupfer, Glasfaser, Funk)

OSI Schichtenmodell

- ❑ Referenzmodell der ITU/ISO für Datenkommunikation
 - Beliebige Datenkommunikation, nicht nur Internet.
- ❑ Zerlegung in 7 anstatt in 5 Schichten
- ❑ **Zusätzlich: Presentation Layer (Schicht 6)**
 - Semantik der übertragenen Kommunikation
 - Beispiel: Kompression, Verschlüsselung, Big Endian vs, Little Endian
- ❑ **Zusätzlich: Session Layer (Schicht 5)**
 - Sitzungsaufbau- und Sitzungsabbau
 - Synchronisierung zwischen beteiligten Prozessen (Setzen von Wiederaufsetzpunkten)
- ❑ Beide Schichten müssen im Internet ggfs. durch Anwendung nachimplementiert werden.



□ **Vorteile**

- Herunterbrechen der Komplexität.
- Jede Schicht hat klar definierte Aufgaben, Datenstrukturen und Steuerungsmechanismen
- Transparenz: Schicht muss nicht wissen was in höherer oder tieferer Schicht genau passiert.
- Eine Schicht kann geändert werden, ohne Einfluss auf andere Schichten

□ **Mögliche Nachteile**

- Leichter Overhead.
- Praxis / historische Gründe: Gleiche Aufgabe in mehreren Schichten implementiert
 - Beispiel: Fehlerkorrektur auf Schicht 2 und Schicht 4
- Höhere Schicht benötigt Information aus niedrigerer Schicht
 - Beispiel: WLAN Routing Protokolle (Schicht 3) benötigen Information aus Schicht 2

Publikums-Joker: Schichtenmodell

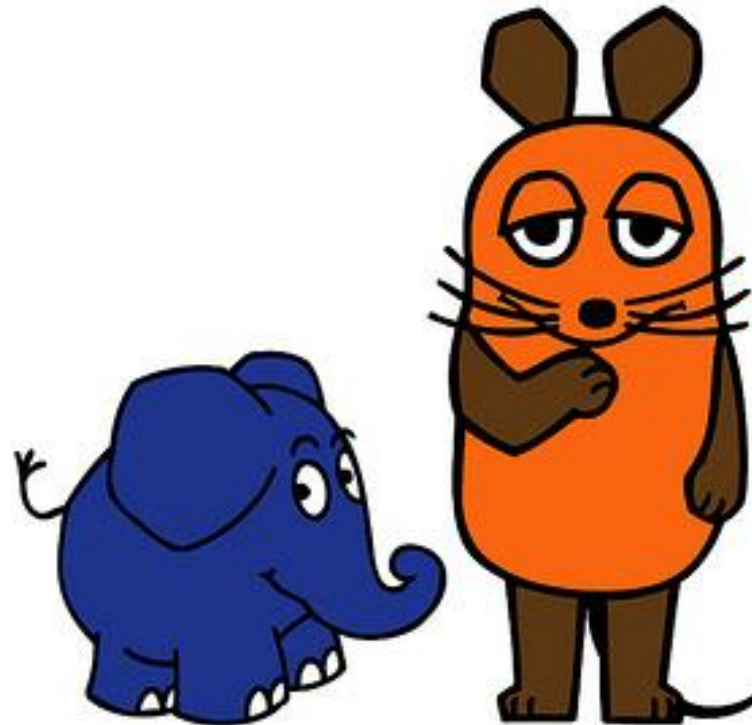
Welche der folgenden Aussagen ist **falsch**?
(Annahme: TCP/IP Modell mit Schicht 1-5)

- A. Ein Web Server verarbeitet Schicht 1-5.
- B. Ein Router verarbeitet Schicht 1-3.
- C. Ein Switch verarbeitet Schicht 1-2.
- D. Ein einfacher WLAN Access verarbeitet Schicht 1-3.



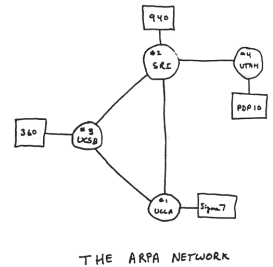
Wie funktioniert das Internet?

- Hausaufgabe: "Sendung mit der Maus"-Video schauen
 - <https://www.youtube.com/watch?v=8PNRrOGJqUI>



Geschichte des Internets

- ❑ 1961: Theorie Paketvermittlung, Warteschlangentheorie
- ❑ 1967: Vorstellung des ARPANET Projekts (15 Knoten)
- ❑ 1970: ALOHAnet Satellitennetz in Hawaii
- ❑ 1972: Öffentliche Demo des ARPANET
- ❑ 1976: Ethernet bei Xerox PARC
- ❑ 1979: ARPANET hat 200 Knoten
- ❑ 1982: SMTP
- ❑ 1983: TCP/IP und DNS
- ❑ 1985: FTP und zunehmend neue nationale Netze (NSFnet, Minitel)
- ❑ 1991: NSF erlaubt kommerzielle Nutzung von NSFnet, Web (HTML, HTTP)
- ❑ 2000: Instant Messaging, P2P Anwendungen, Breitbandzugänge
- ❑ 2007: Apple iPhone, Entstehen sozialer Netze
- ❑ Aktuelle Trends
 - Konsolidierung: Riesige private Netze (Google, Microsoft)
 - Cloud-Anwendungen
 - Internet of Things
 - ...



Zusammenfassung

❑ Aufbau des Internets

- Heterogen, komplex
- Historisch gewachsen, wirtschaftliche Aspekte

❑ Grundlagen der Datenübertragung

- Leitungsvermittlung vs. Paketvermittlung
- Delay, Paketverlust und Throughput

❑ Schichtenmodell

- Modularität im Internet
- TCP/IP Schichtenmodell