

# Systeme II

## 4. Das Internet

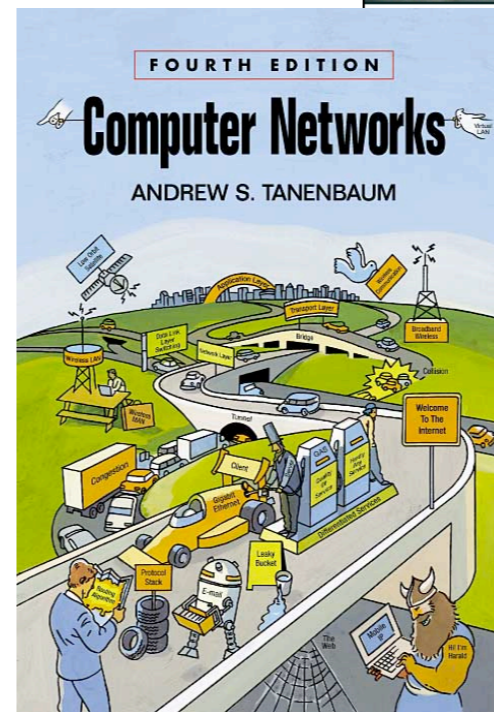
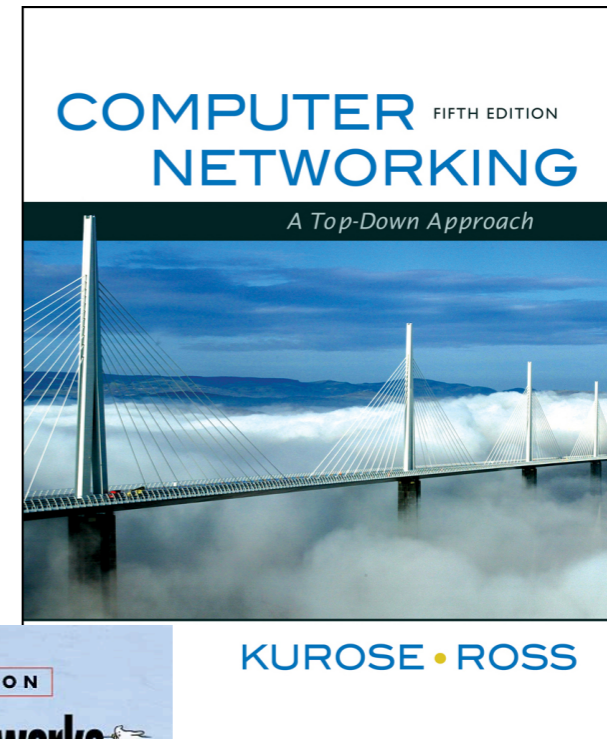
Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

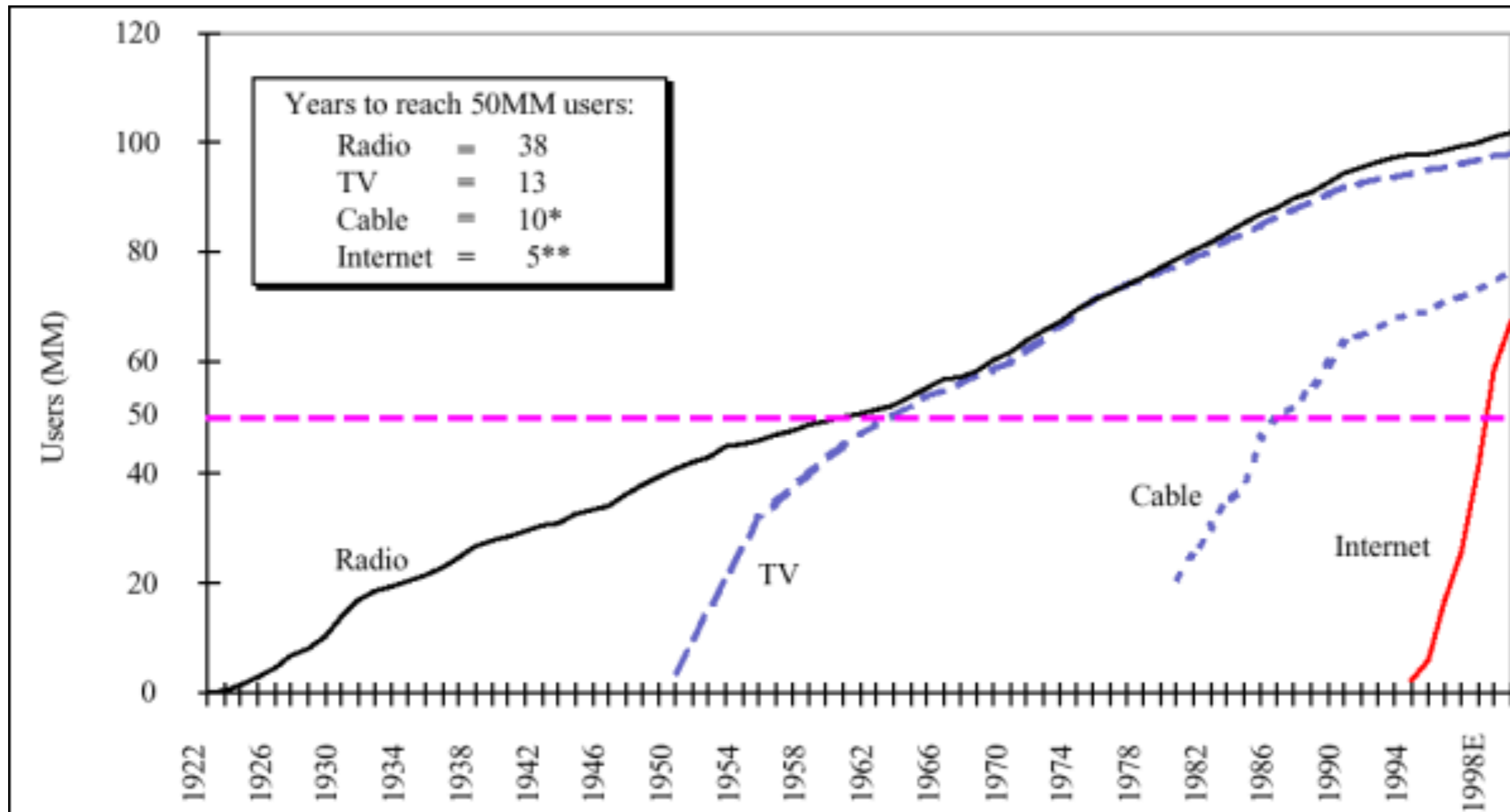
Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

- Computer Networking:  
A Top Down Approach  
5th edition.  
Jim Kurose, Keith  
Ross  
Addison-Wesley, April  
2009.
- Computer Networks,  
Andrew S.  
Tanenbaum (Prentice  
Hall)
- Copyright liegt bei den  
Autoren



# Motivation



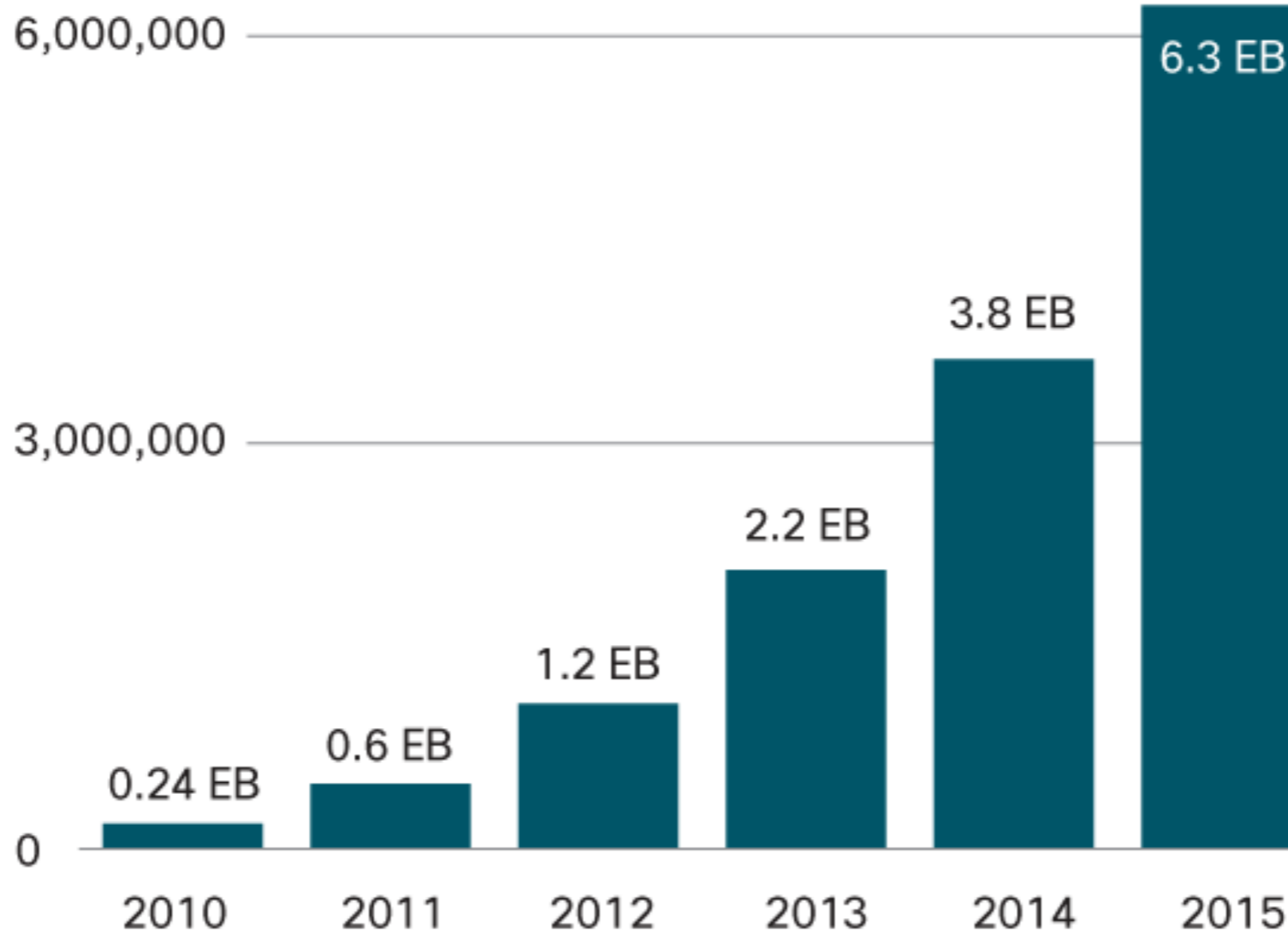
Source: Morgan Stanley Technology Research. E - Morgan Stanley Research Estimate. Data are for U.S. media adoption.  
 \* We use the launch of HBO in 1976 as our estimate for the beginning of cable as an entertainment/advertising medium. Though cable technology was developed in the late 1940's, its initial use was primarily for the improvement of reception in remote areas. It was not until HBO began to distribute its pay-TV movie service via satellite in 1976 that the medium became a distinct content and advertising alternative to broadcast television.  
 \*\* Morgan Stanley Technology Research Estimate.

- Teilnehmer (2011)
  - Von 7 Milliarden Menschen haben 2,27 Milliarden Zugriff auf das Internet (32,7%)
  - (Asien: 1 Mrd., Europa: 500 Mio., N-Amerika 273 Mio.)
- Weltweiter Internet Traffic
  - 2011: 600 Petabytes/Monat
- Jährliche Wachstumsrate
  - 2009: 140%
  - 2010: 159%
  - 2011: 133%

- 1 Byte = 1 B = 8 Bit = 8b
  - 1 kilobyte = 1 kB = 1000 Bytes
  - 1 megabyte = 1 MB = 1000 kB =  $10^6$  Bytes
  - 1 gigabyte = 1 GB = 1000 MB =  $10^9$  Bytes
  - 1 terabyte = 1 TB = 1000 GB =  $10^{12}$  Bytes
  - 1 petabyte = 1 PB = 1000 TB =  $10^{15}$  Bytes
  - 1 exabyte = 1 EB = 1000 PB =  $10^{18}$  Bytes
  - 1 zettabyte = 1 ZB = 1000 EB =  $10^{21}$  Bytes
  - 1 yottabyte = 1 YB = 1000 ZB =  $10^{24}$  Bytes
- 
- 1 Byte = 1 B = 8 Bit = 8b
  - 1 kibibyte = 1 KiB = 1024 Bytes
  - 1 mebibyte = 1 MiB = 1024 KiB =  $1.04 \cdot 10^6$  Bytes
  - 1 gibibyte = 1 GiB = 1024 MiB =  $1.07 \cdot 10^9$  Bytes
  - 1 tebibyte = 1 TiB = 1024 GiB =  $1.10 \cdot 10^{12}$  Bytes
  - 1 pebibyte = 1 PiB = 1024 TiB =  $1.12 \cdot 10^{15}$  Bytes
  - 1 exbibyte = 1 EiB = 1024 PiB =  $1.15 \cdot 10^{18}$  Bytes
  - 1 zebibyte = 1 ZiB = 1024 EiB =  $1.18 \cdot 10^{21}$  Bytes
  - 1 yobibyte = 1 YiB = 1024 ZiB =  $1.21 \cdot 10^{24}$  Bytes

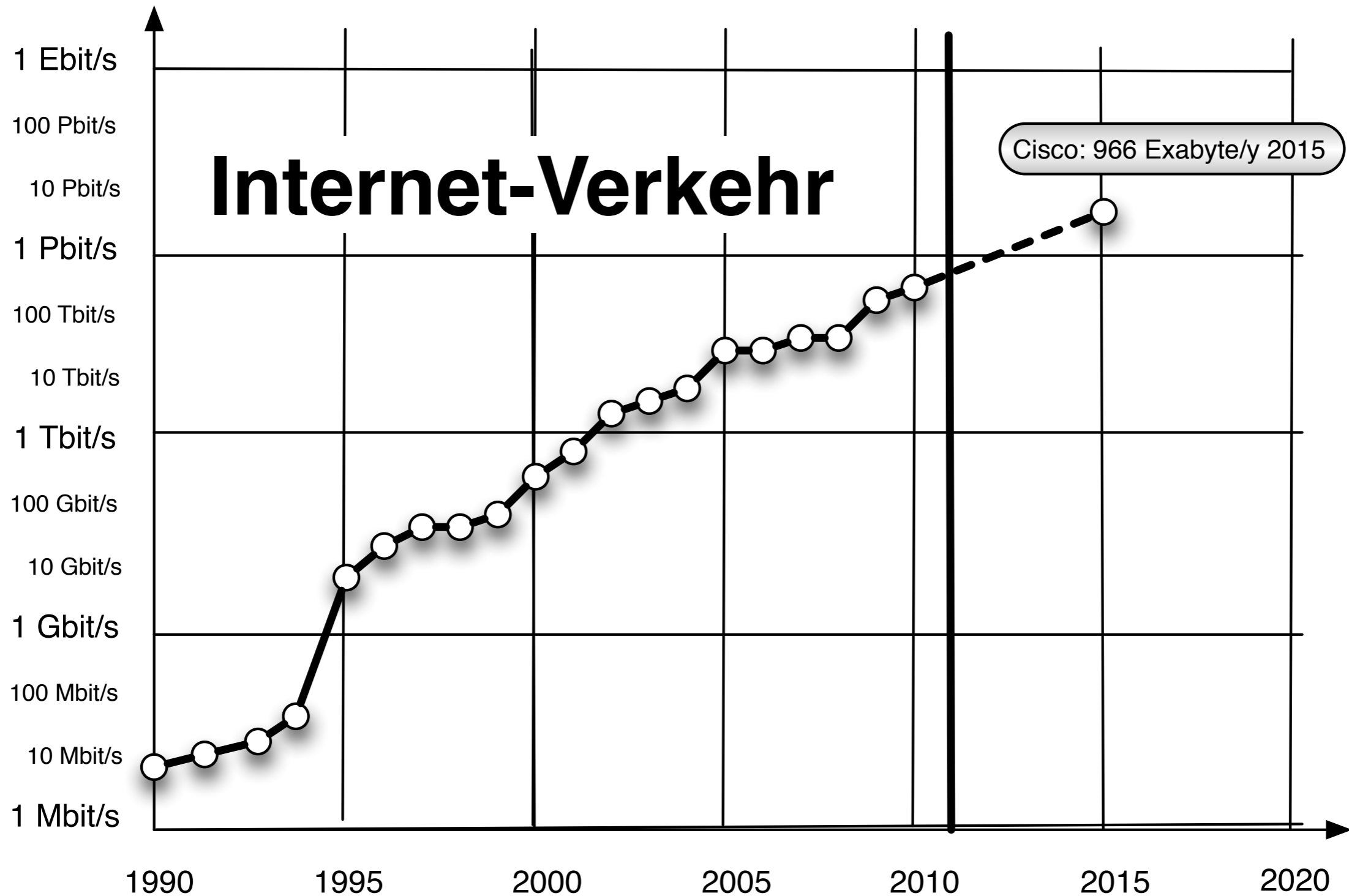
Terabytes per Month

92% CAGR 2010-2015



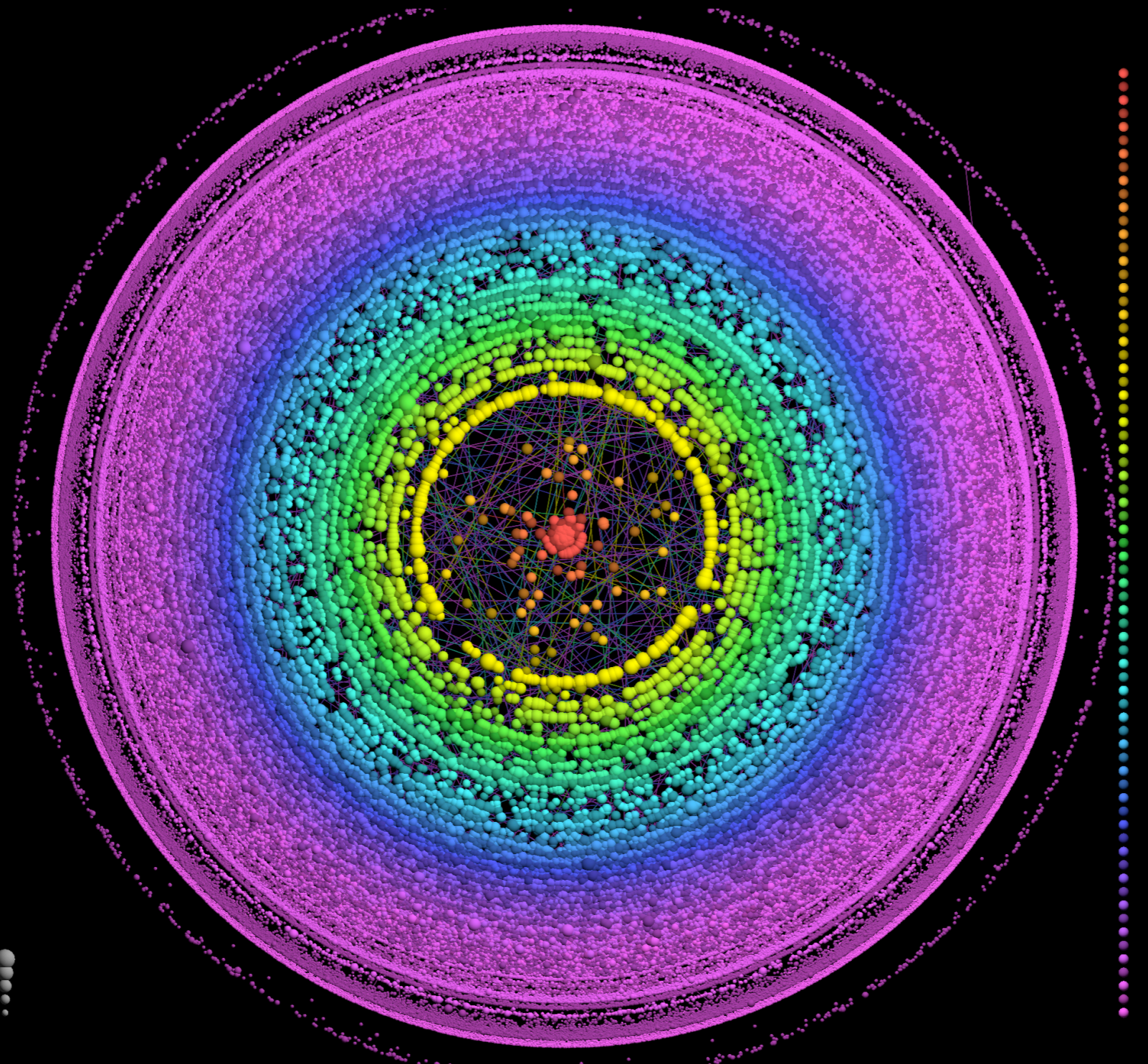
# Internet Verkehr

# Zunahme Internet-Verkehr



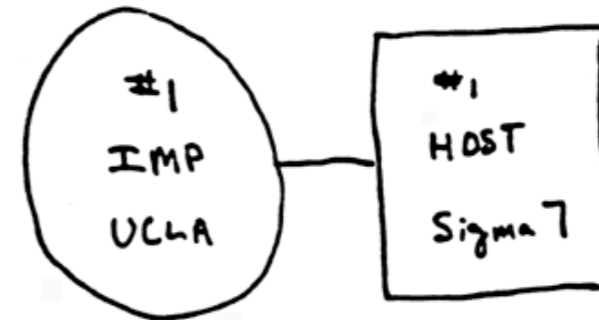
- ist das weltweite, offene WAN (wide area network)
  - ist systemunabhängig
  - verbindet LANs (local area networks)
  - hat keine zentrale Kontrolle
- 
- ist nicht das World Wide Web (WWW)



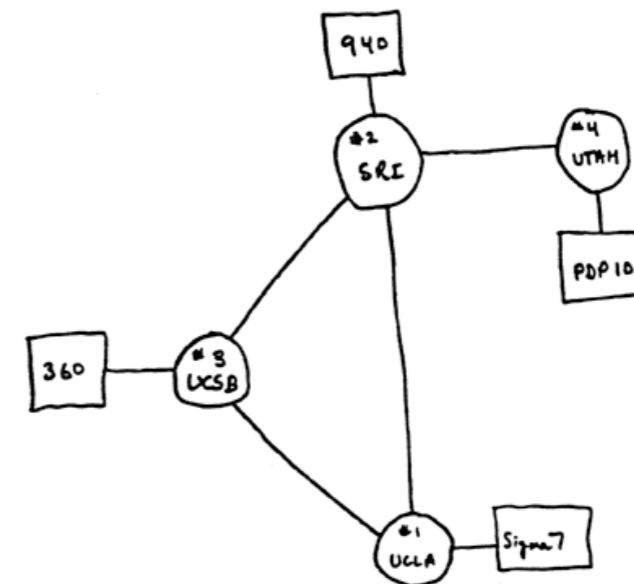


Quelle:  
netdimes.org

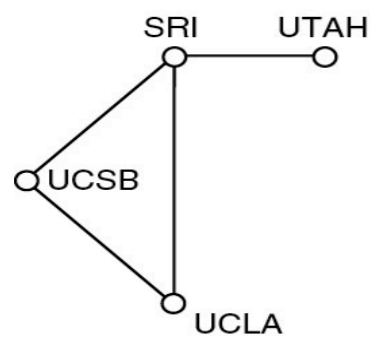
- 1961: Packet Switching Theory
  - Leonard Kleinrock, MIT, "Information Flow in Communication Nets"
- 1962: Konzept des "Galactic Network"
  - J.C.R. Licklider and W. Clark, MIT, "On-Line Man Computer Communication"
- 1965: Erster Vorläufer des Internet
  - Analoge Modem-Verbindung zwischen zwei Rechnern in den USA
- 1967: Konzept des "ARPANET"
  - Entwurfspapier von Larry Roberts
- 1969: Erster Knoten im "ARPANET"
  - an der UCLA (Los Angeles)
  - Ende 1969: vier Rechner verbunden



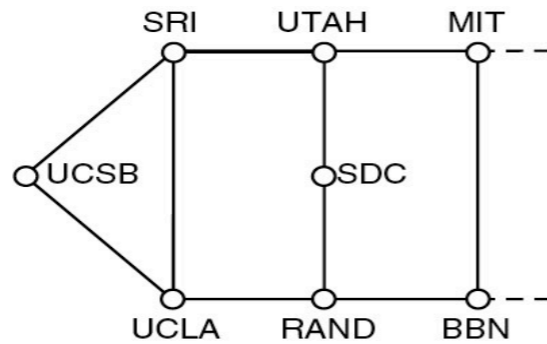
Originaldiagramme des "Ur-Internets"



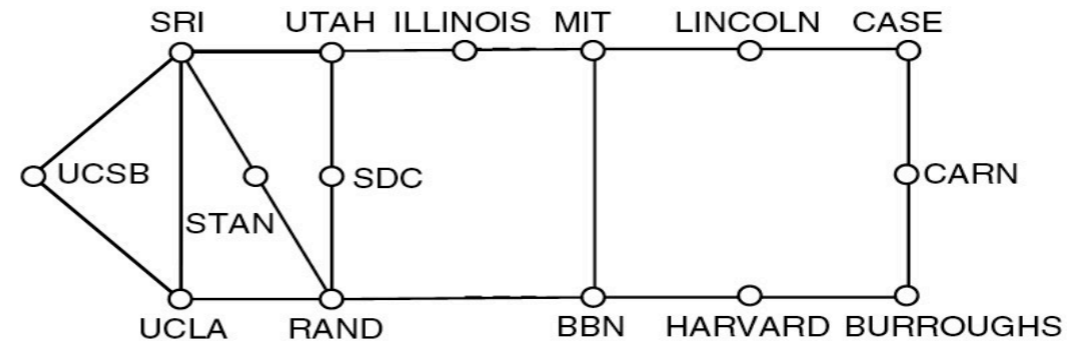
# Das ARPANET



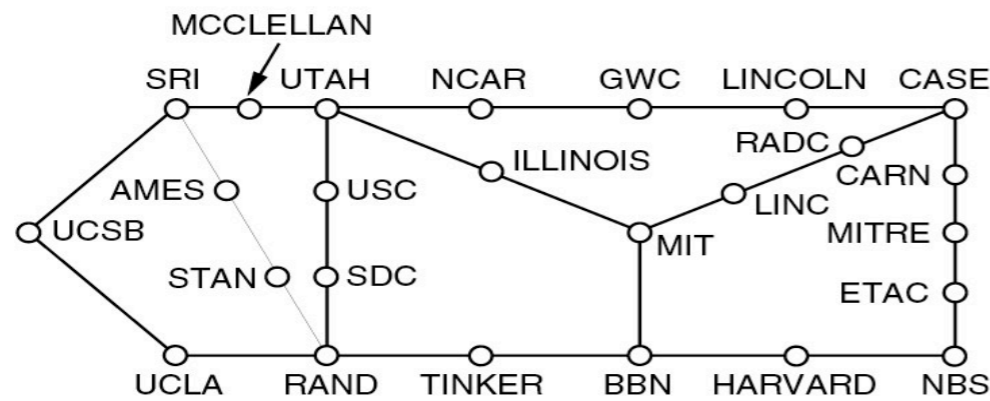
(a)



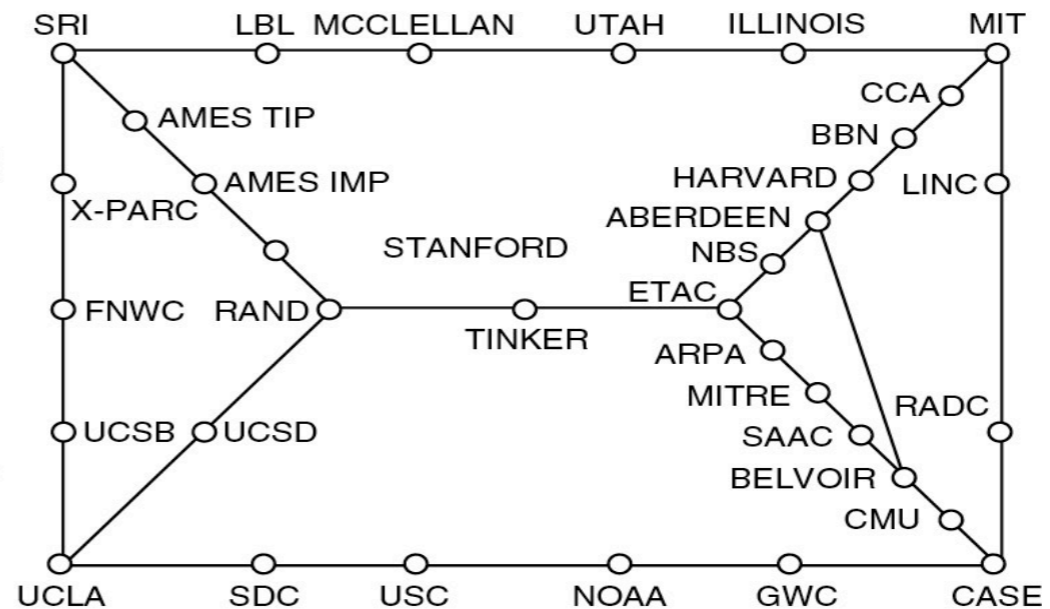
(b)



(c)



(d)



(e)

Wachstum ARPANET (a) Dezember 1969. (b) Juli 1970.  
(c) März 1971. (d) April 1972. (e) September 1972.

- Konzepte von Robert Kahn (DARPA 1972)
  - Jedes (lokale) Netzwerk ist autonom
    - arbeitet für sich
    - muss nicht gesondert konfiguriert werden für das WAN
  - Kommunikation nach “best effort”
    - schafft es ein Paket nicht zum Ziel, wird es gelöscht
    - es wird von der Anwendung wohl wieder verschickt werden
  - Black Box Ansatz für Verbindungen
    - Black Boxes später umgetauft in Gateways und Routers
    - Paketinformation werden nicht aufbewahrt
    - keine Flußkontrolle
  - Keine globale Kontrolle
- Das sind die Grundprinzipien des Internet

- 1980-1990: Neue Protokolle
- 1983: TCP/IP
- 1982: SMTP E-Mail Protokoll definiert
- 1983: DNS Definition
- 1985: FTP Protokoll
- 1988: TCP Congestion Control

- 1990er: Web

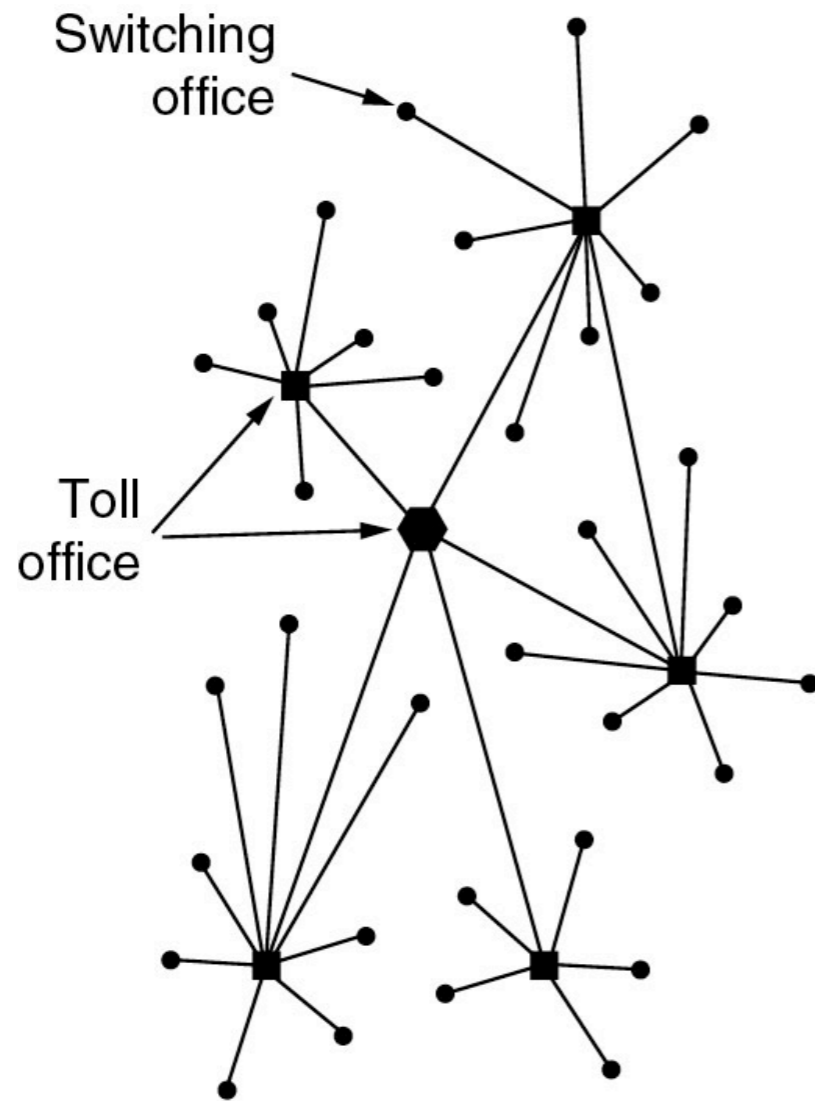
- Hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
- HTML, HTTP: Berners-Lee
- 1994: Mosaic, later Netscape

- Späte 1990er – 2000

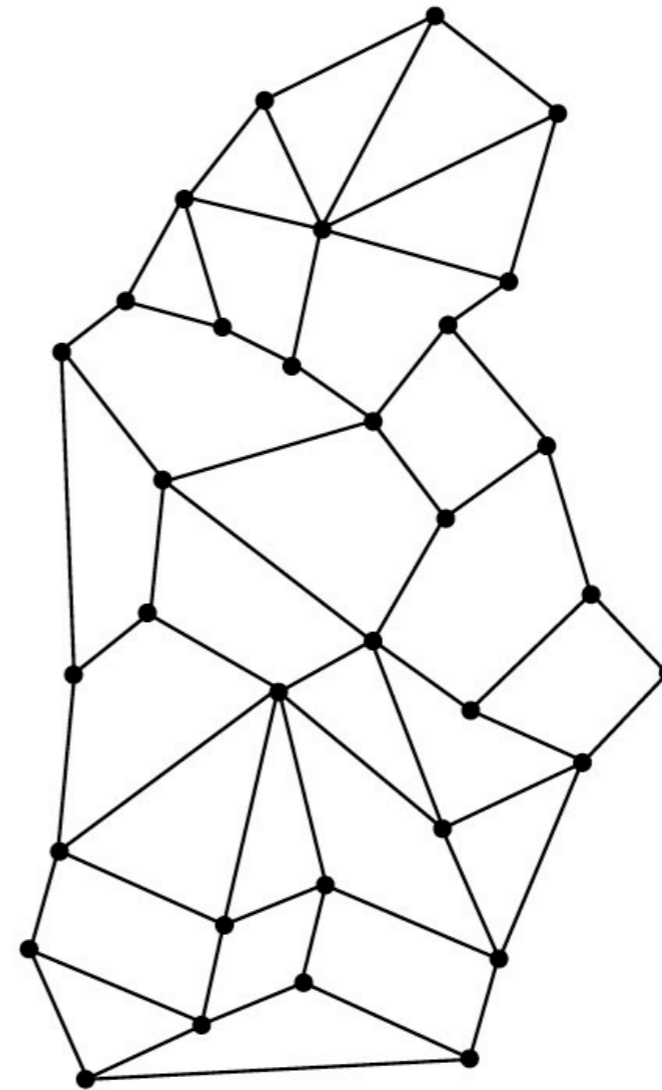
- Neue Anwendungen:
  - Instant messaging, P2P file sharing
- Netzwerksicherheit
- 50 Mio. Rechner, mehr als 100 Mio. Benutzer
- Backbone läuft mit Gbps

- Anwendungen:
  - Voice, Video over IP
  - P2P
    - BitTorrent (file sharing), Skype (VoIP), PPLive (video)
  - Video
  - Gaming
  - Cloud
- Trends
  - Mobilität
  - Smartphones
  - Tablets
  - Security

- Hierarchisches Telefon-Netzwerk



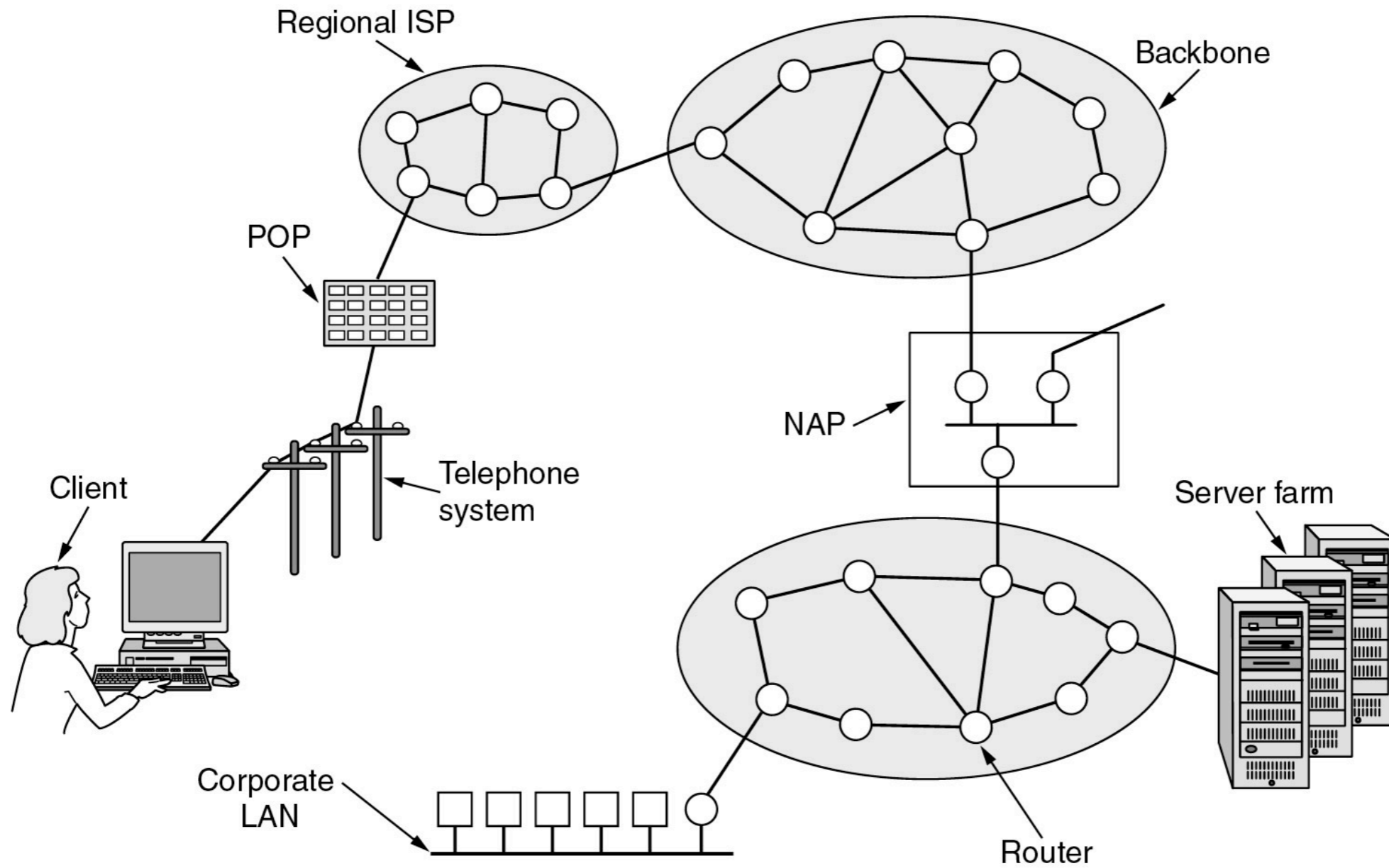
(a)



(b)



# Architektur des Internet



- Circuit Switching
  - Etablierung einer Verbindung zwischen lokalen Benutzern durch Schaltstellen
    - mit expliziter Zuordnung von realen Schaltkreisen
    - oder expliziter Zuordnung von virtuellen Ressourcen, z.B. Slots
  - Quality of Service einfach (außer bei)
    - Leitungsaufbau
    - Leitungsdauer
  - Problem
    - Statische Zuordnung
    - Ineffiziente Ausnutzung des Kommunikationsmedium bei dynamischer Last
  - Anwendung
    - Telefon
    - Telegraf
    - Funkverbindung

## ■ Packet Switching

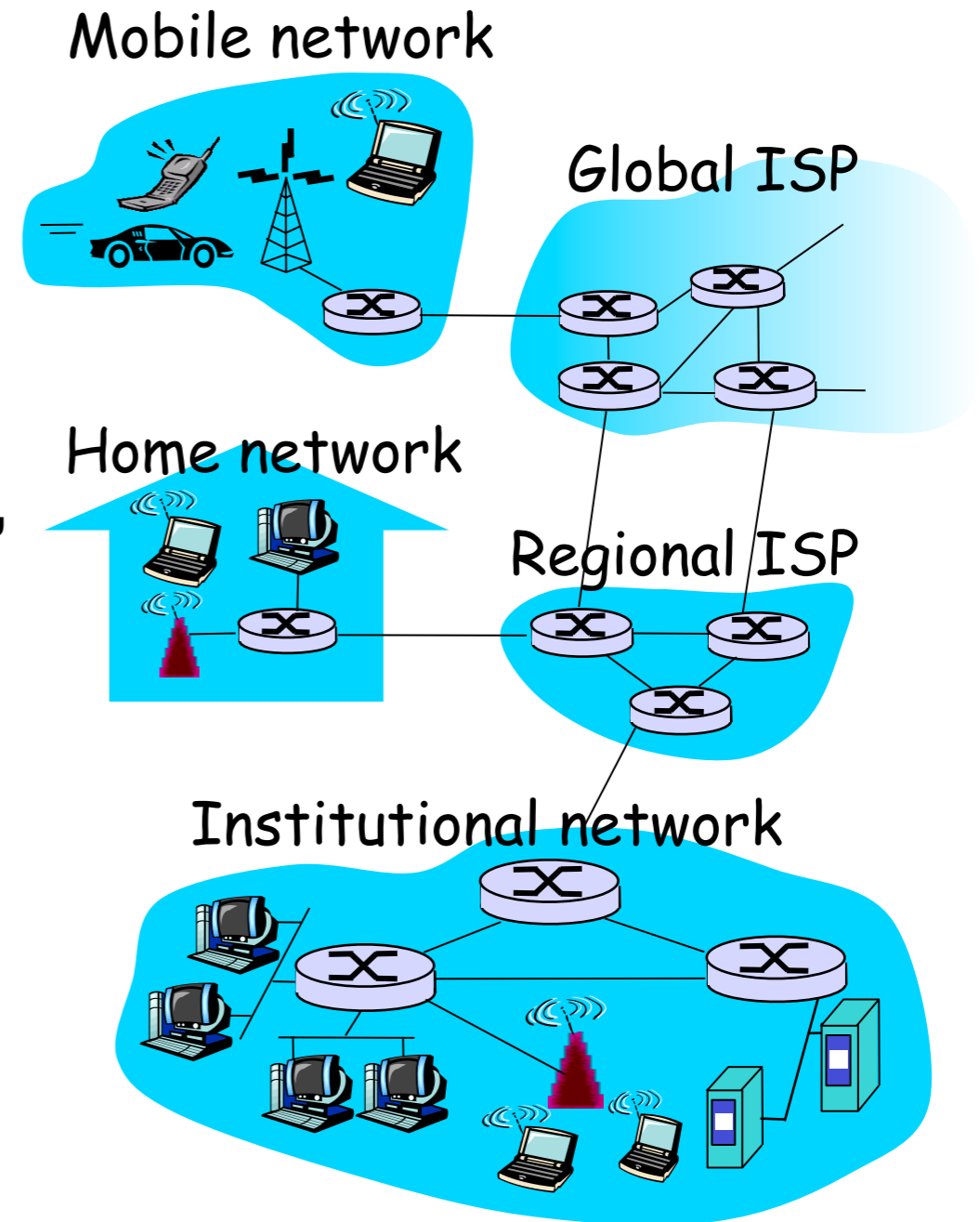
- Grundprinzip von IP
  - Daten werden in Pakete aufgeteilt und mit Absender/Ziel-Information unabhängig versandt
- Problem: Quality of Service
  - Die Qualität der Verbindung hängt von einzelnen Paketen ab
  - Entweder Zwischenspeichern oder Paketverlust
- Vorteil:
  - Effiziente Ausnutzung des Mediums bei dynamischer Last

## ■ Resümee

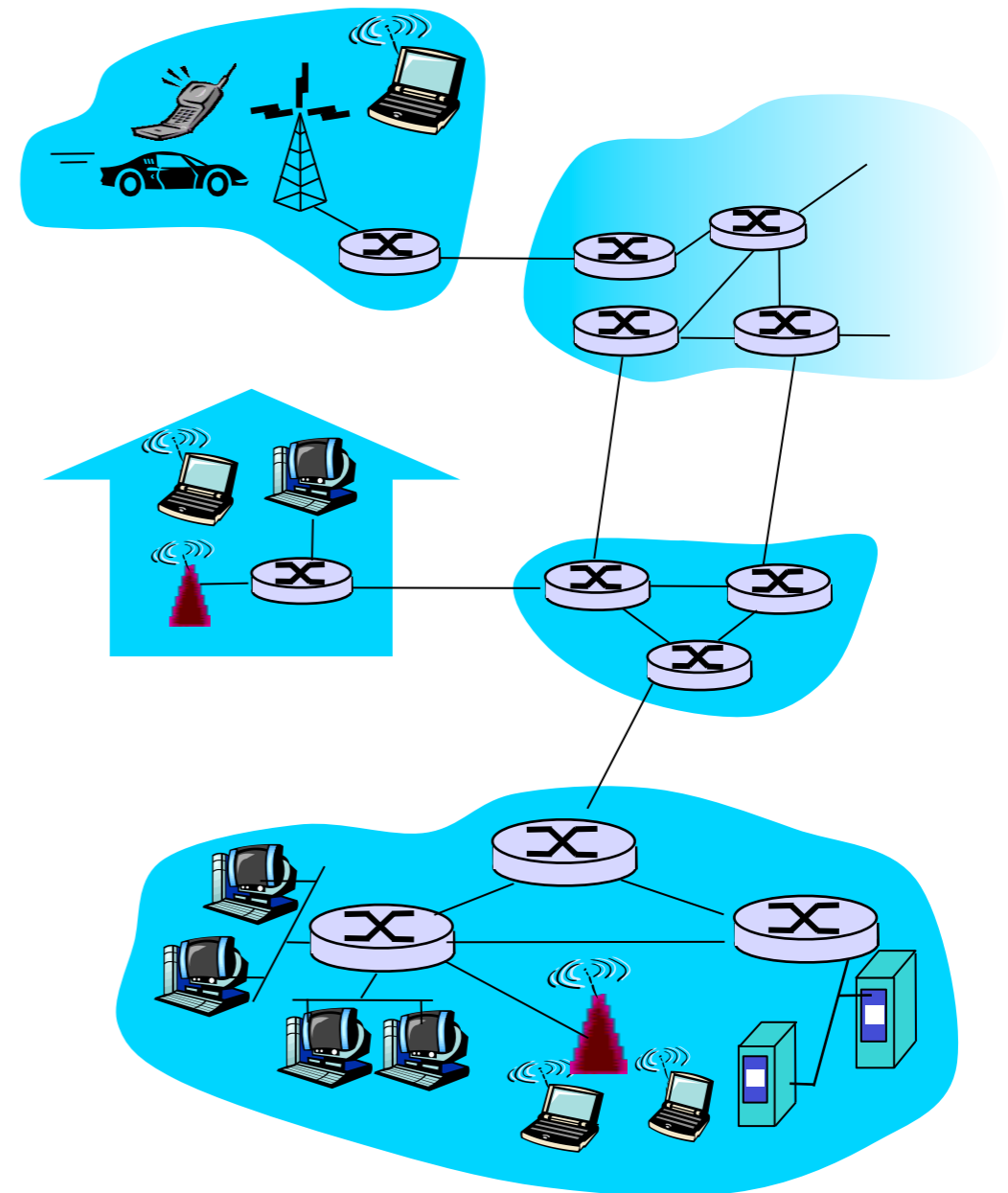
- Packet Switching hat Circuit Switching in praktisch allen Anwendungen abgelöst
- Grund:
  - Effiziente Ausnutzung des Mediums

# Was ist das Internet

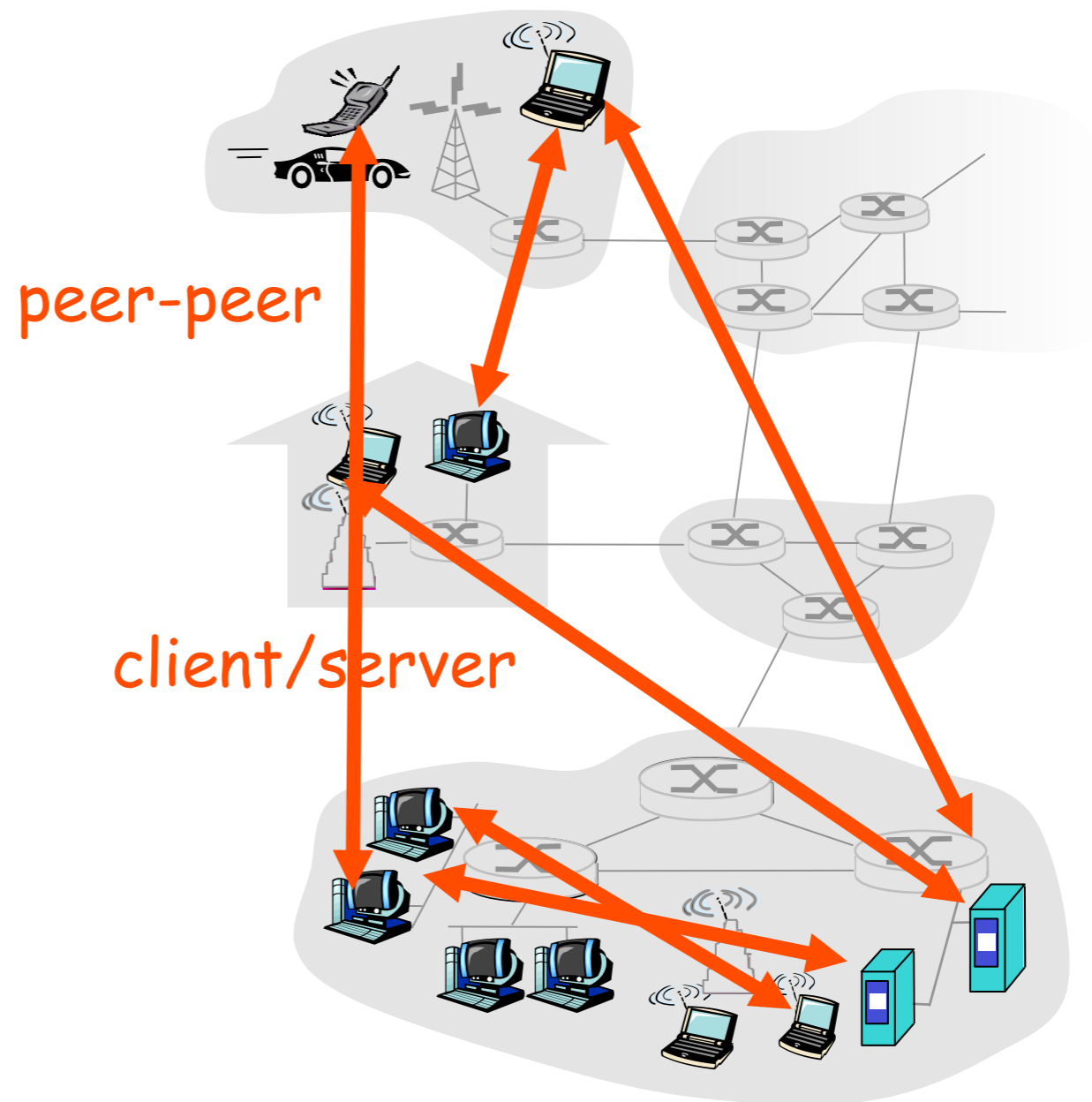
- Protokolle kontrollieren Empfang und Versand von Nachrichten
  - z.B., TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- Internet: “vernetzte Netzwerke”
  - flache Hierarchien
  - Öffentliches Internet und privates Intranet
- Internet Standards
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force



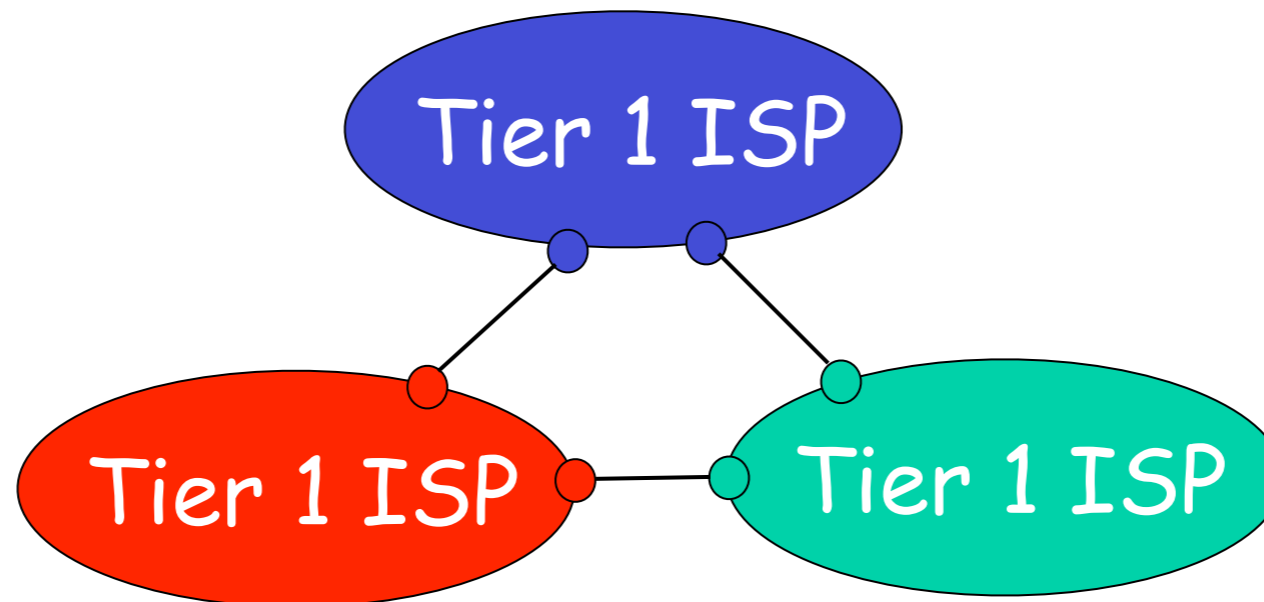
- **Netzwerk-Endpunkte**
  - Anwendungen und Rechner (Hosts)
- **Zugangsnetze und physikalische Medien**
  - drahtgebundene und drahtlose Kommunikation
- **Netzwerk-Kern**
  - Vernetzte Router
  - Vernetzte Netzwerke



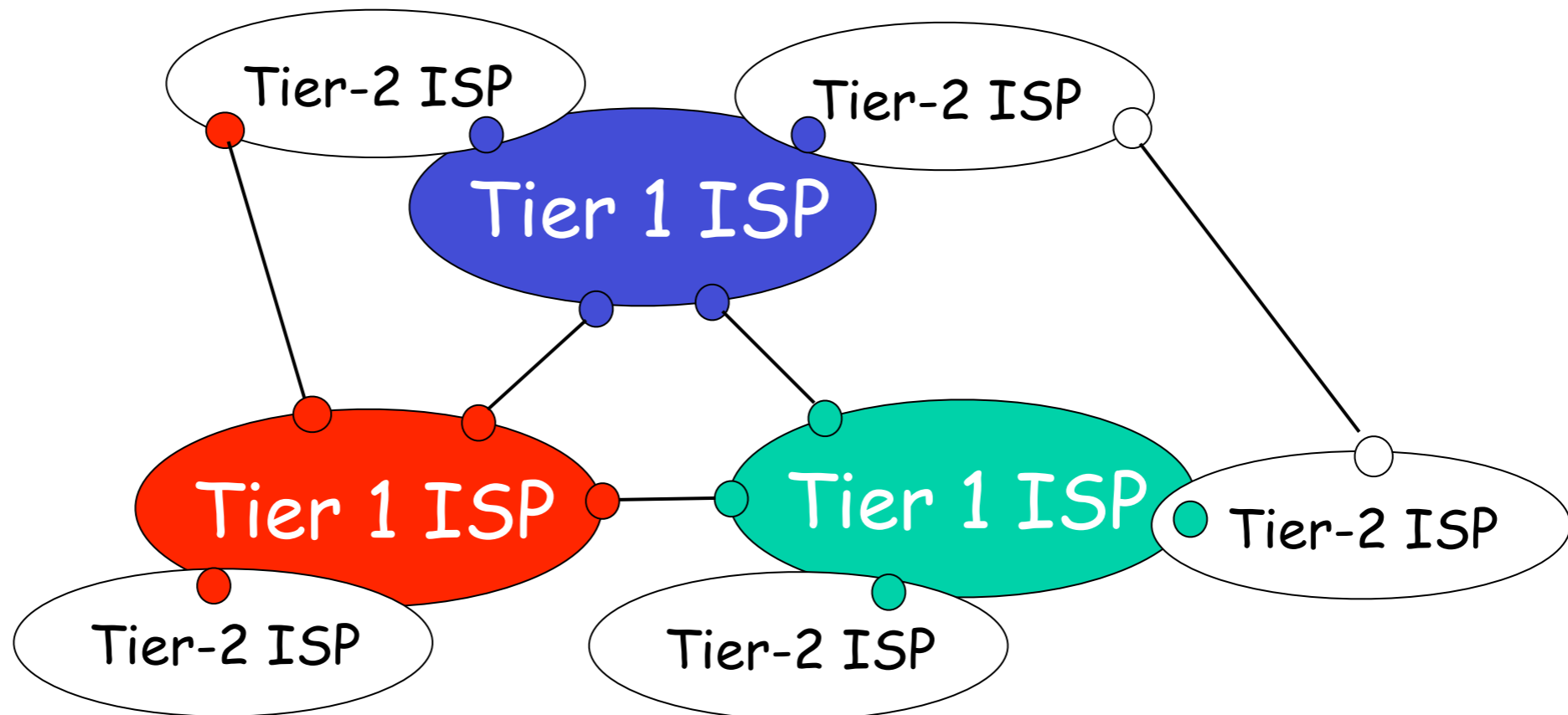
- **Netzwerk-Endpunkt**
  - Anwendungen
  - e.g. Web, email
- **Client/Server-Modell**
  - Client fragt an
  - Server beantwortet die Anfragen
  - z.B. Web browser/server; email client/server
- **Peer-to-Peer**
  - (fast) ohne Servers
    - e.g. Skype, BitTorrent



- Oberste Hierarchie: Tier-1
  - z.B. Verizon, Sprint, AT&T, Cable and Wireless, Telekom
  - nationale und internationale Abdeckung
  - Gleichbehandlung auf der obersten Ebene

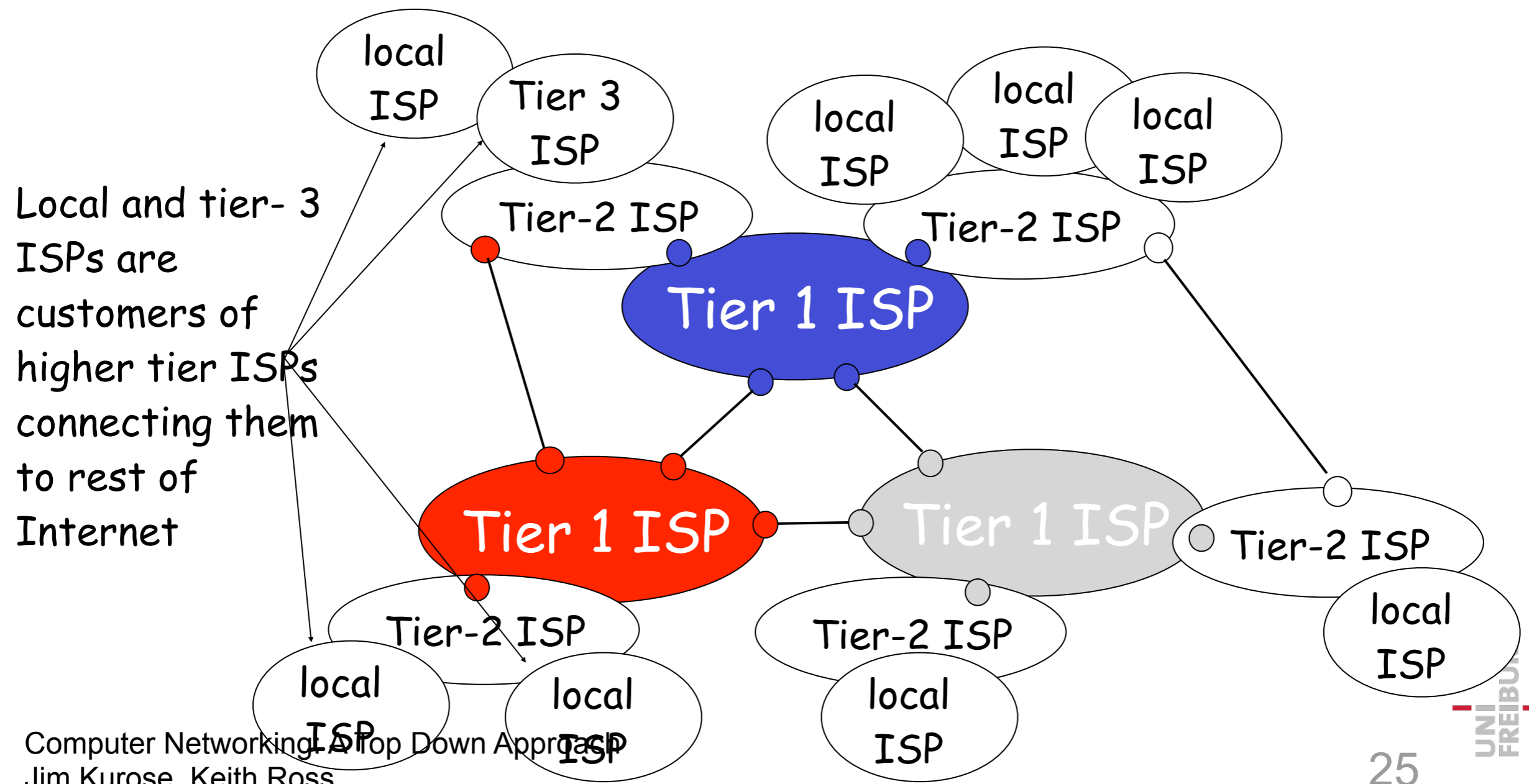


- “Tier-2” ISP: kleinere, regionale ISPs
  - verbunden mit einem oder mehreren tier-1 ISPs, möglicherweise auch anderen tier-2 ISPs

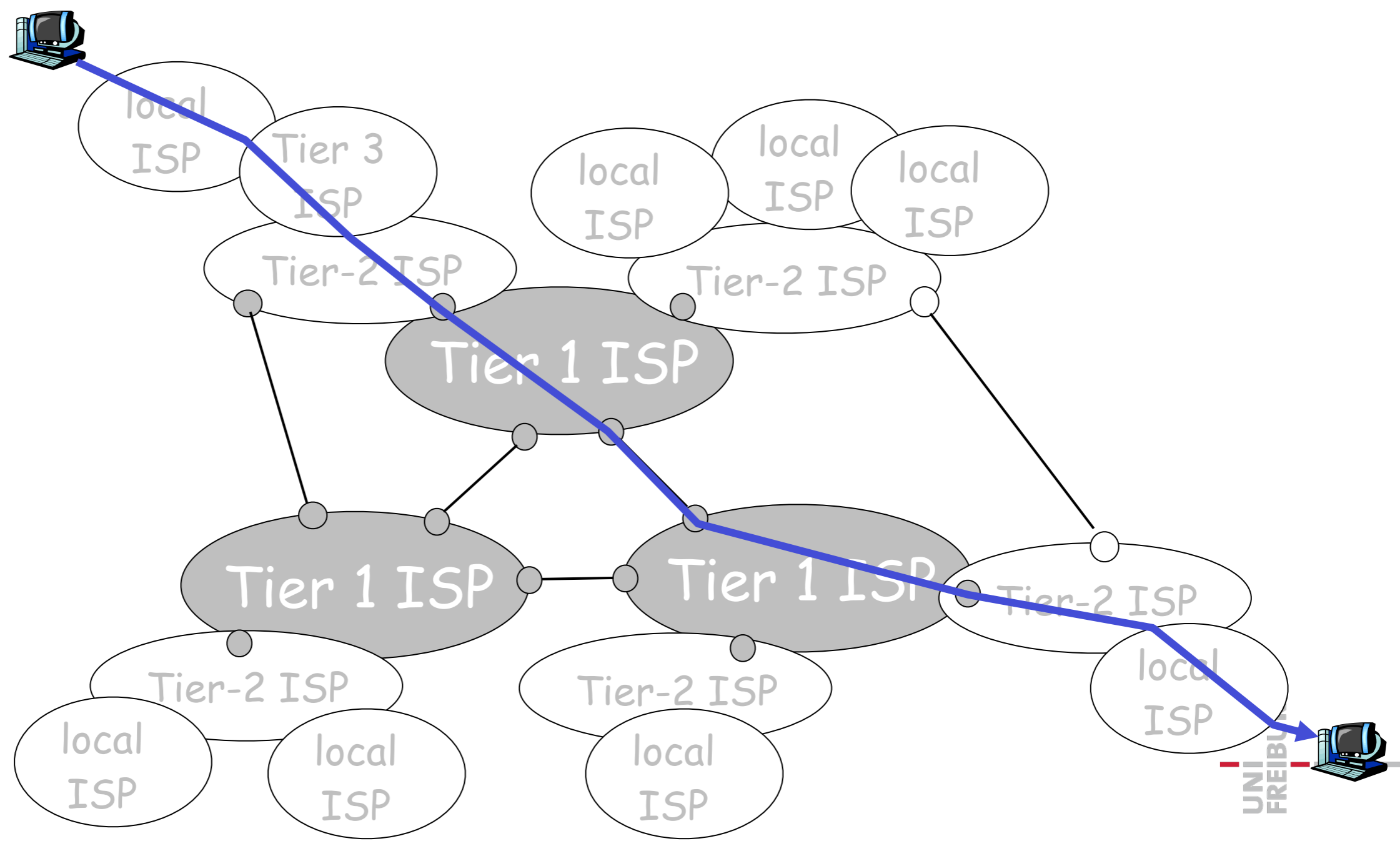




- “Tier-3” ISPs und lokale ISPs
  - Verbindung zum Endkunden

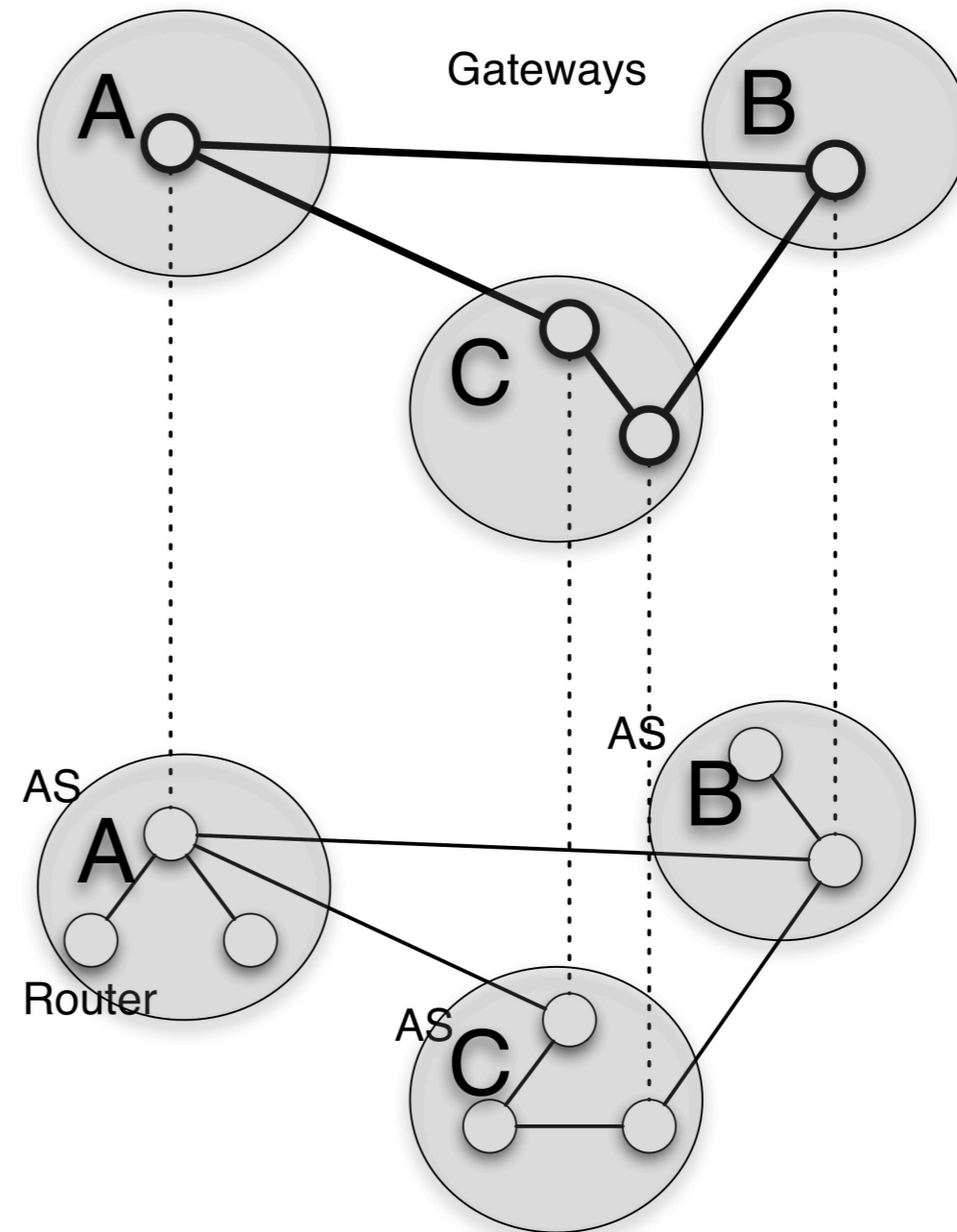


- Pakete durchlaufen verschiedene Netze



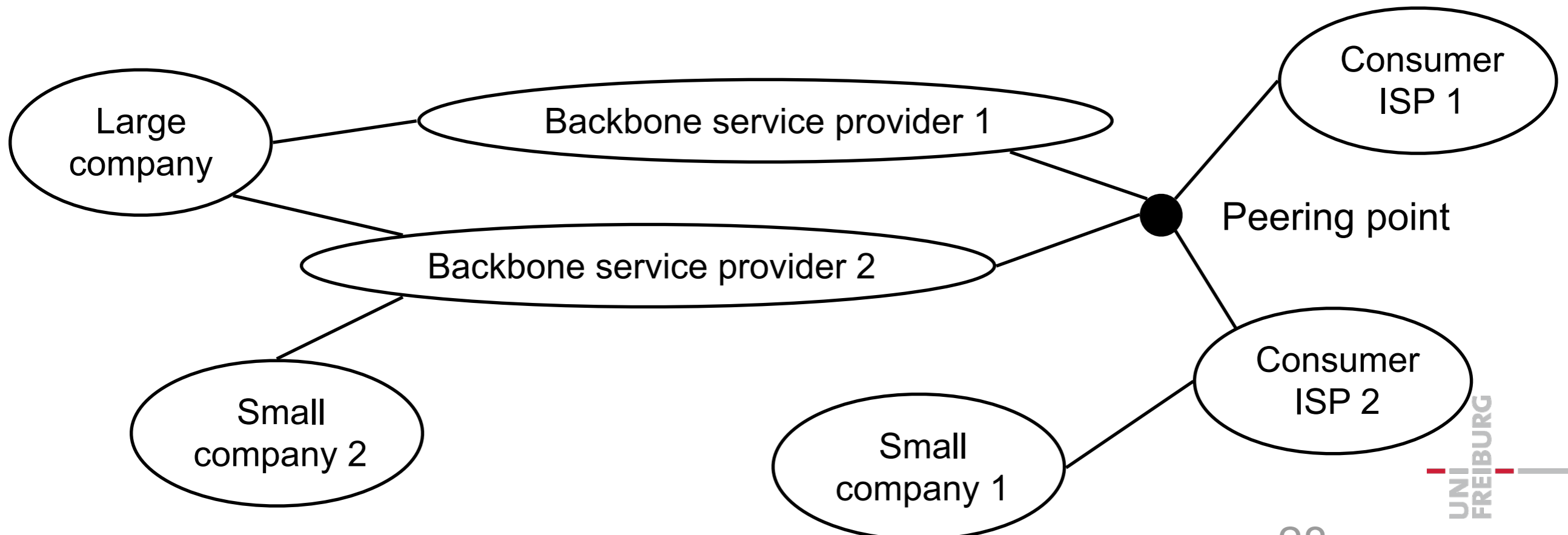
Computer  
Networking: A  
Top Down  
Approach  
Jim Kurose, Keith  
Ross

- Autonomous System (AS)
  - liefert ein zwei Schichten-Modell des Routing im Internet
  - Beispiele für AS:
    - uni-freiburg.de
- Intra-AS-Routing (Interior Gateway Protocol)
  - ist Routing innerhalb der AS
  - z.B. RIP, OSPF, IGRP, ...
- Inter-AS-Routing (Exterior Gateway Protocol)
  - Übergabepunkte sind Gateways
  - ist vollkommen dezentrales Routing
  - Jeder kann seine Optimierungskriterien vorgeben
  - z.B. EGP (früher), BGP



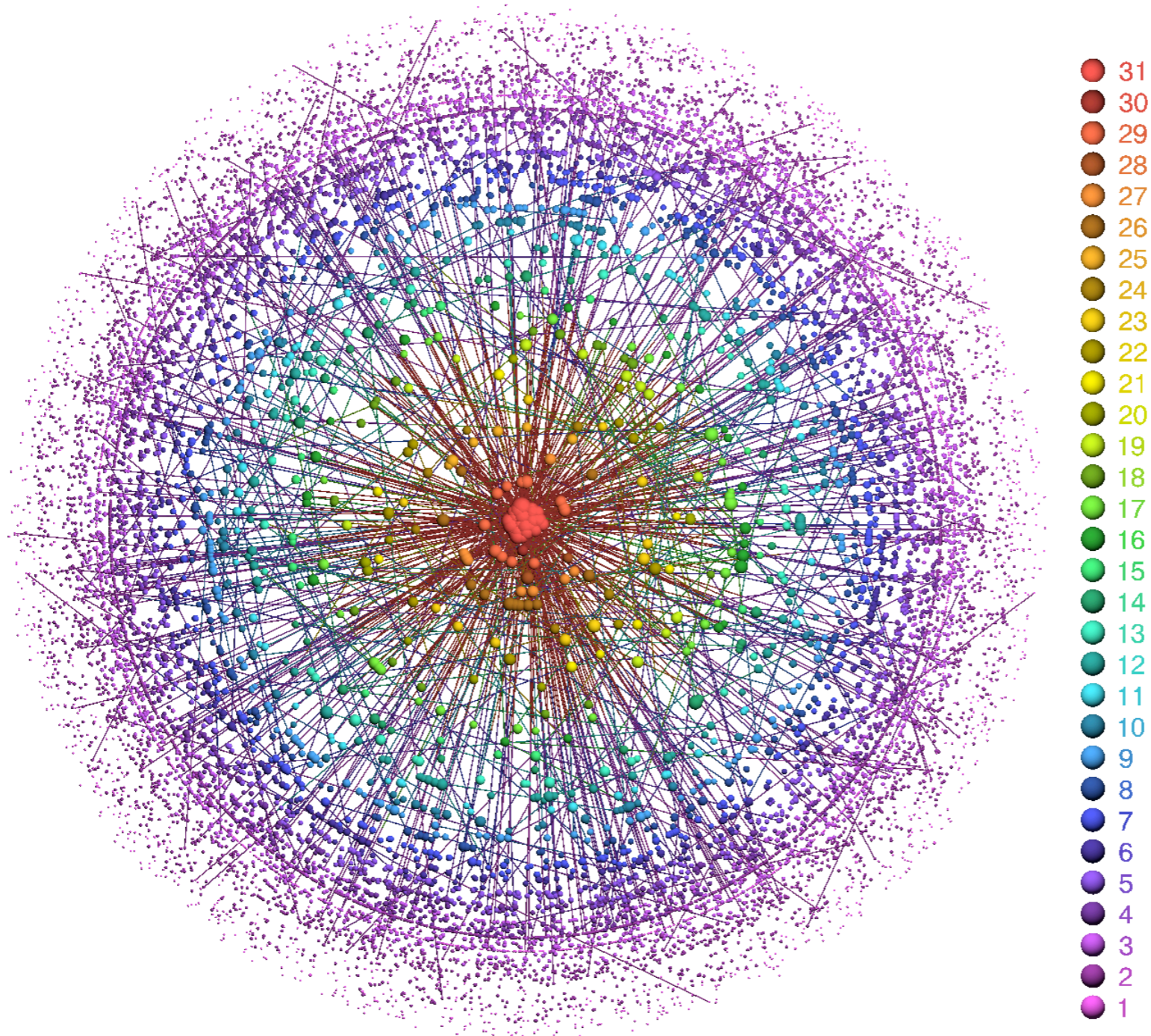
# Typen autonomer Systeme

- Stub-AS
  - Nur eine Verbindung zu anderen AS
- Multihomed AS
  - Verbindungen zu anderen ASen
  - weigert sich aber Verkehr für andere zu befördern
- Transit AS
  - Mehrere Verbindungen
  - Leitet fremde Nachrichten durch (z.B. ISP)



# Das Internet 2006

## Autonome Systeme



Quelle:  
netdimes.org

Anwendung	Application	Telnet, FTP, HTTP, SMTP (E-Mail), ...
Transport	Transport	TCP (Transmission Control Protocol) UDP (User Datagram Protocol)
Vermittlung	Network	IP (Internet Protocol) + ICMP (Internet Control Message Protocol) + IGMP (Internet Group Management Protocol)
Verbindung	Host-to-Network	LAN (z.B. Ethernet, Token Ring etc.)

- 1. Host-to-Network
  - nicht spezifiziert, hängt vom LAN ab, z.B. Ethernet, WLAN 802.11b, PPP, DSL
- 2. Vermittlungsschicht (IP - Internet Protokoll)
  - Spezielles Paketformat und Protokoll
  - Paketweiterleitung
  - Routenermittlung
- 3. Transportschicht
  - TCP (Transport Control Protocol)
    - zuverlässiger bidirektionaler Byte-Strom-Übertragungsdienst
    - Fragmentierung, Flusskontrolle, Multiplexing
  - UDP (User Datagram Protocol)
    - Paketübergabe an IP
    - unzuverlässig, keine Flusskontrolle
- 4. Anwendungsschicht
  - zahlreiche Dienste wie TELNET, FTP, SMTP, HTTP, NNTP, ...

## ■ Transport

- muss gewisse Flusskontrolle gewährleisten
- z.B. Fairness zwischen gleichzeitigen Datenströmen

## ■ Vermittlung

- Quality of Service (virtuelles Circuit Switching)

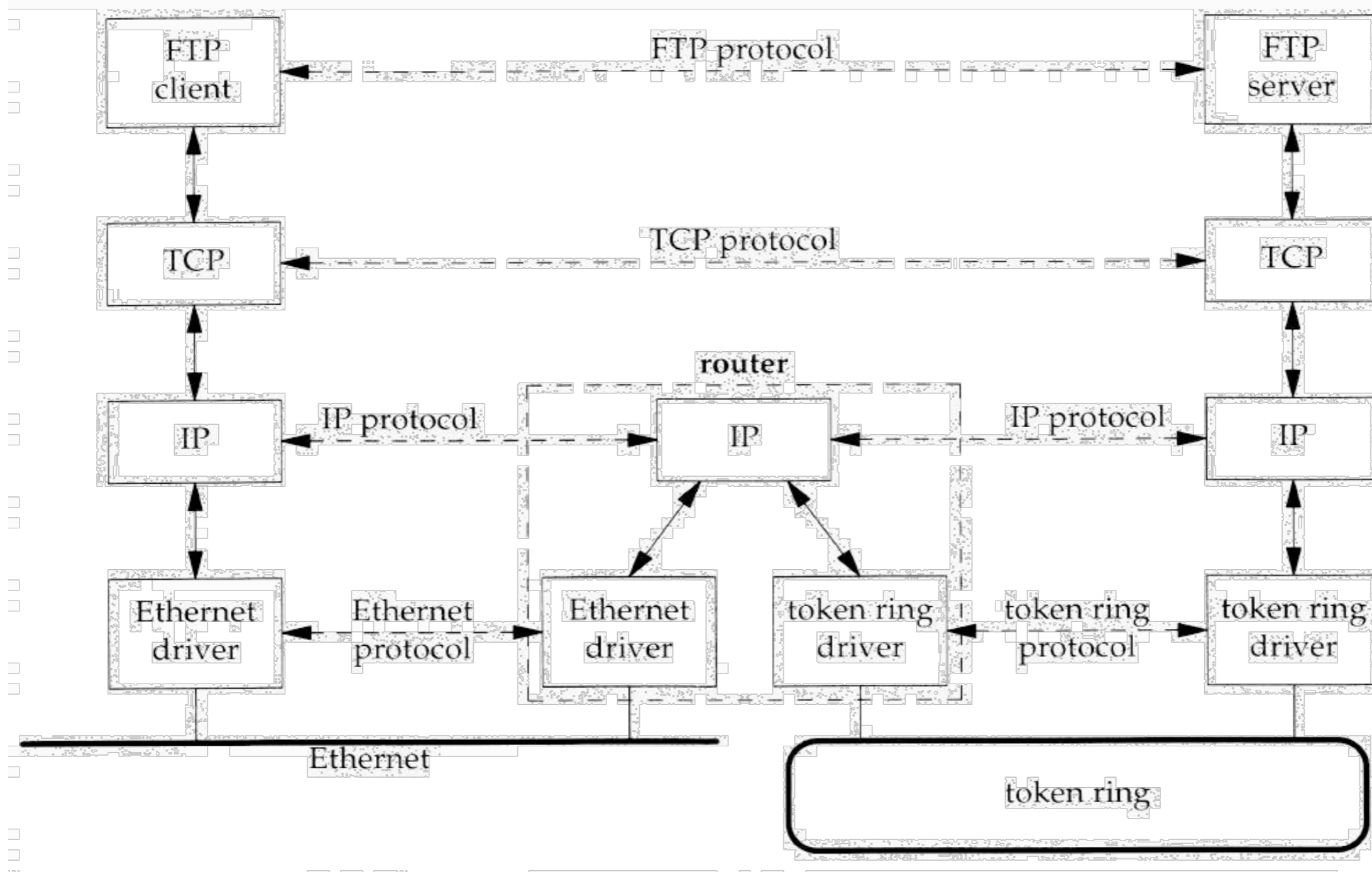
## ■ Sicherung

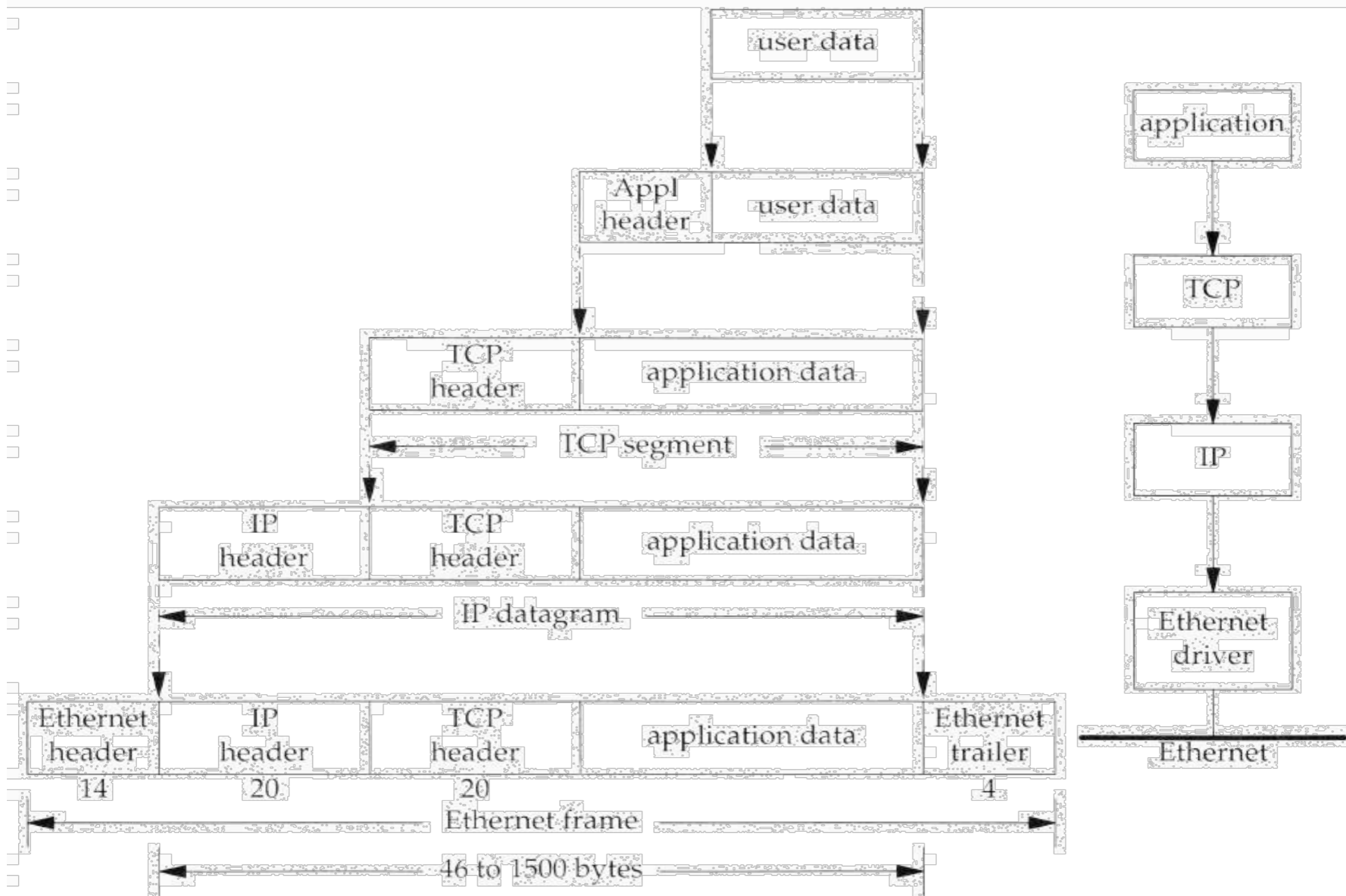
- Flusskontrolle zur Auslastung des Kanals

Layer	Policies
Transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retransmission policy</li> <li>• Out-of-order caching policy</li> <li>• Acknowledgement policy</li> <li>• Flow control policy</li> <li>• Timeout determination</li> </ul>
Network	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virtual circuits versus datagram inside the subnet</li> <li>• Packet queueing and service policy</li> <li>• Packet discard policy</li> <li>• Routing algorithm</li> <li>• Packet lifetime management</li> </ul>
Data link	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retransmission policy</li> <li>• Out-of-order caching policy</li> <li>• Acknowledgement policy</li> <li>• Flow control policy</li> </ul>



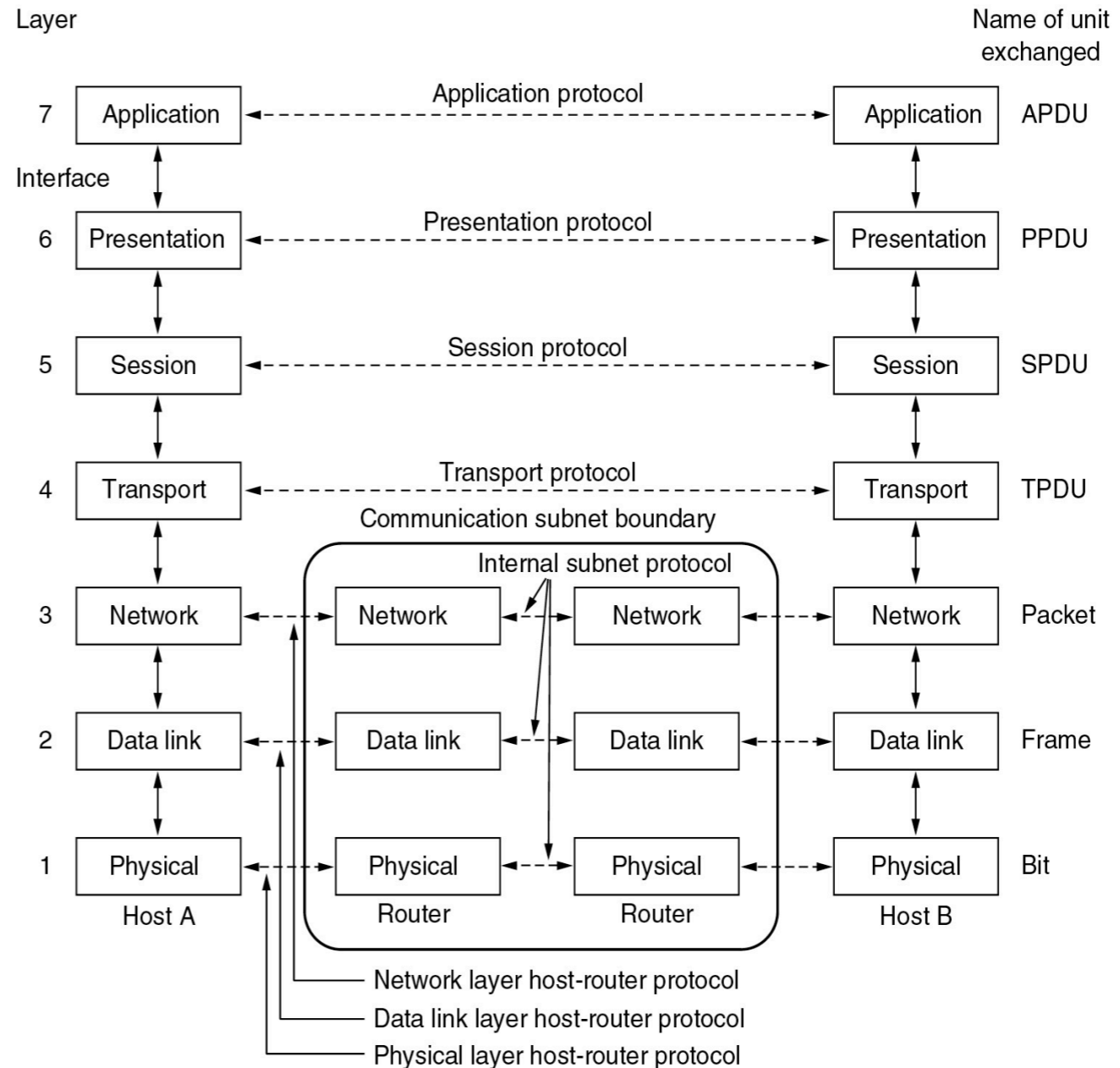
# Beispiel zum Zusammenspiel



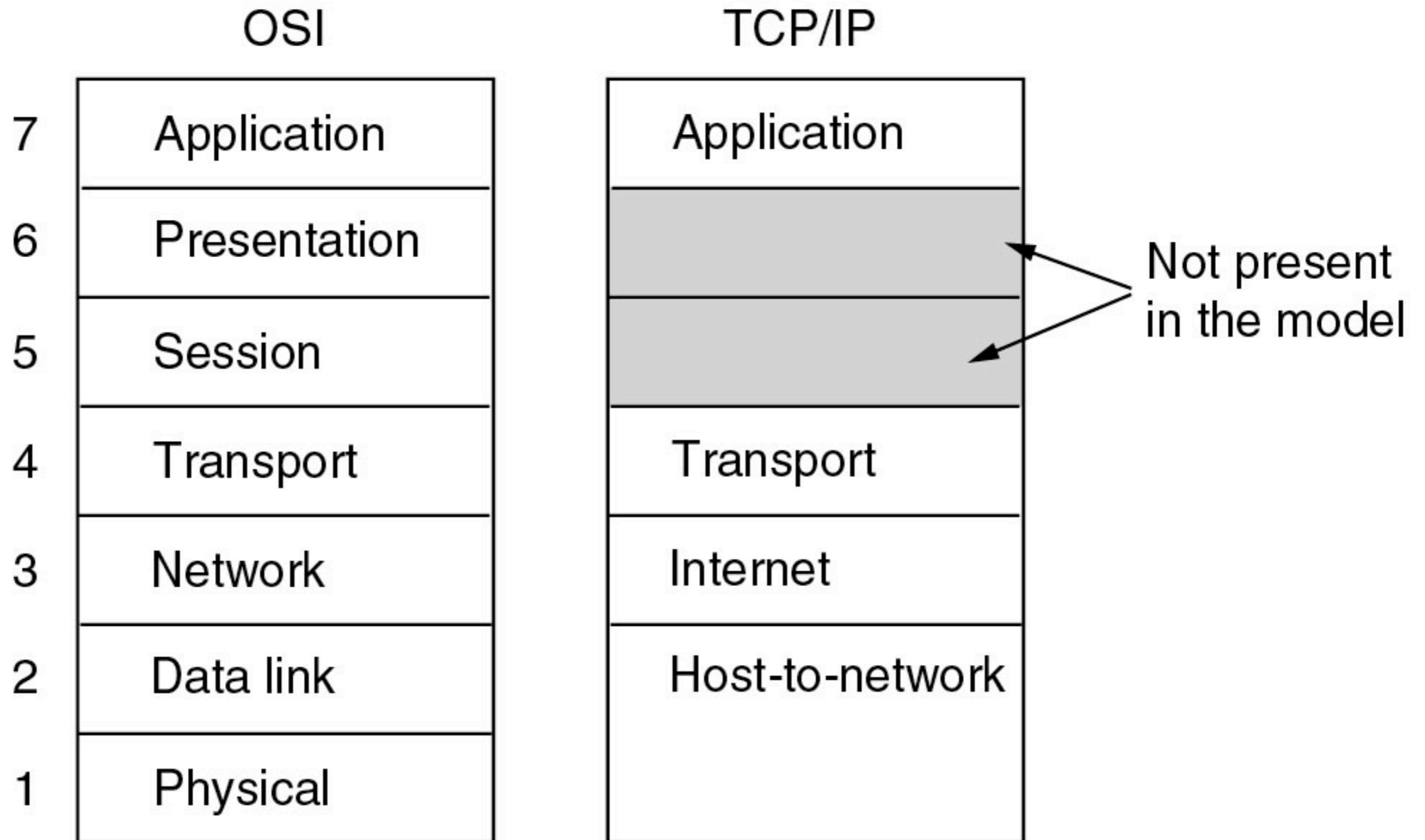


aus Stevens TCP/IP Illustrated

- 7. Anwendung (Application)
  - Datenübertragung, E-Mail, Terminal, Remote login
- 6. Darstellung (Presentation)
  - Systemabhängige Darstellung der Daten (EBCDIC/ASCII)
- 5. Sitzung (Session)
  - Aufbau, Ende, Wiederaufsetzpunkte
- 4. Transport (Transport)
  - Segmentierung, Stauvermeidung
- 3. Vermittlung (Network)
  - Routing
- 2. Sicherung (Data Link)
  - Prüfsummen, Flusskontrolle
- 1. Bitübertragung (Physical)
  - Mechanische, elektrische Hilfsmittel



# OSI versus TCP/IP

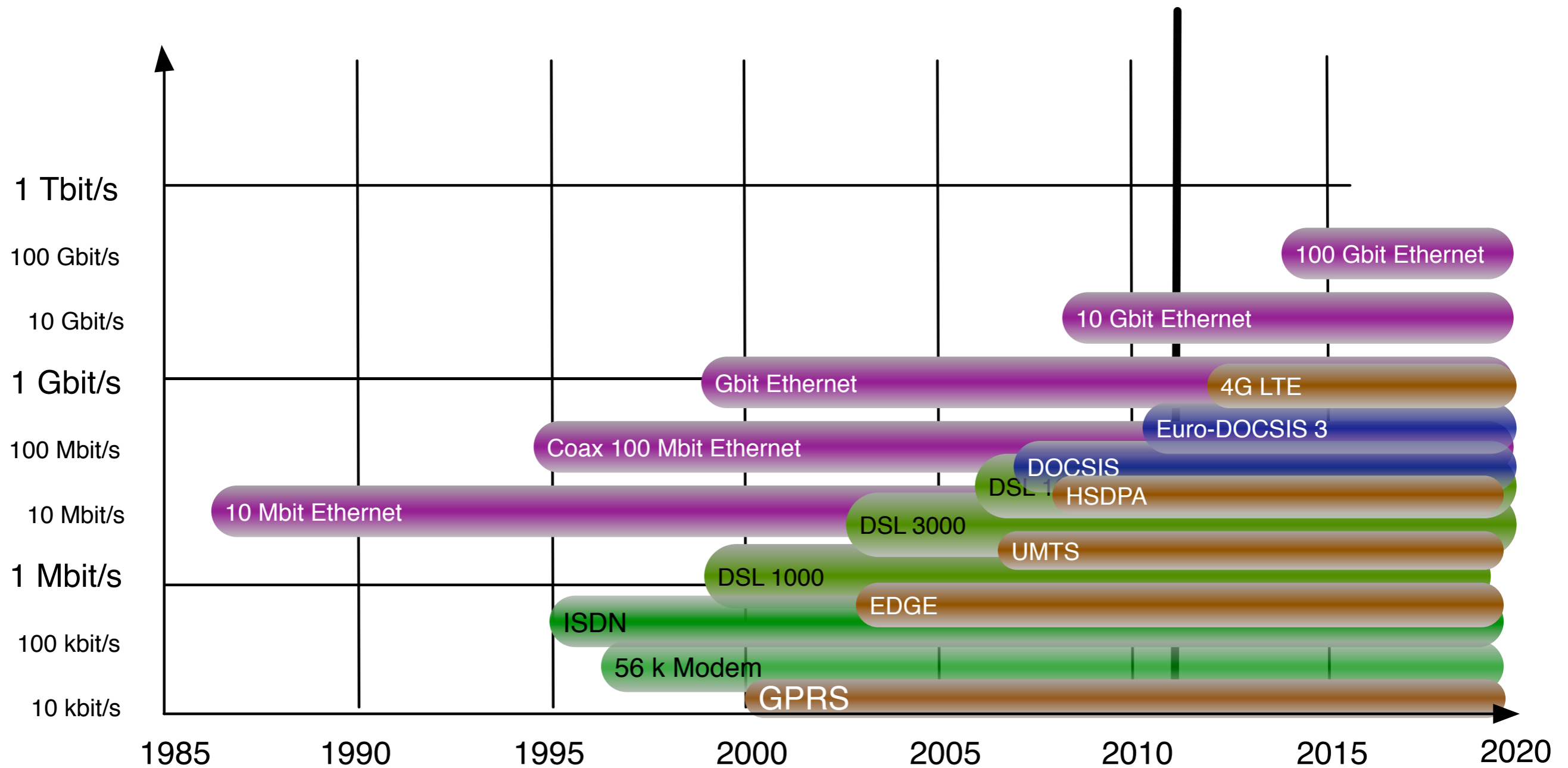


(Aus Tanenbaum)

Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	
100 m	Building	
1 km	Campus	Local area network
10 km	City	
100 km	Country	Metropolitan area network
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	Wide area network
		The Internet

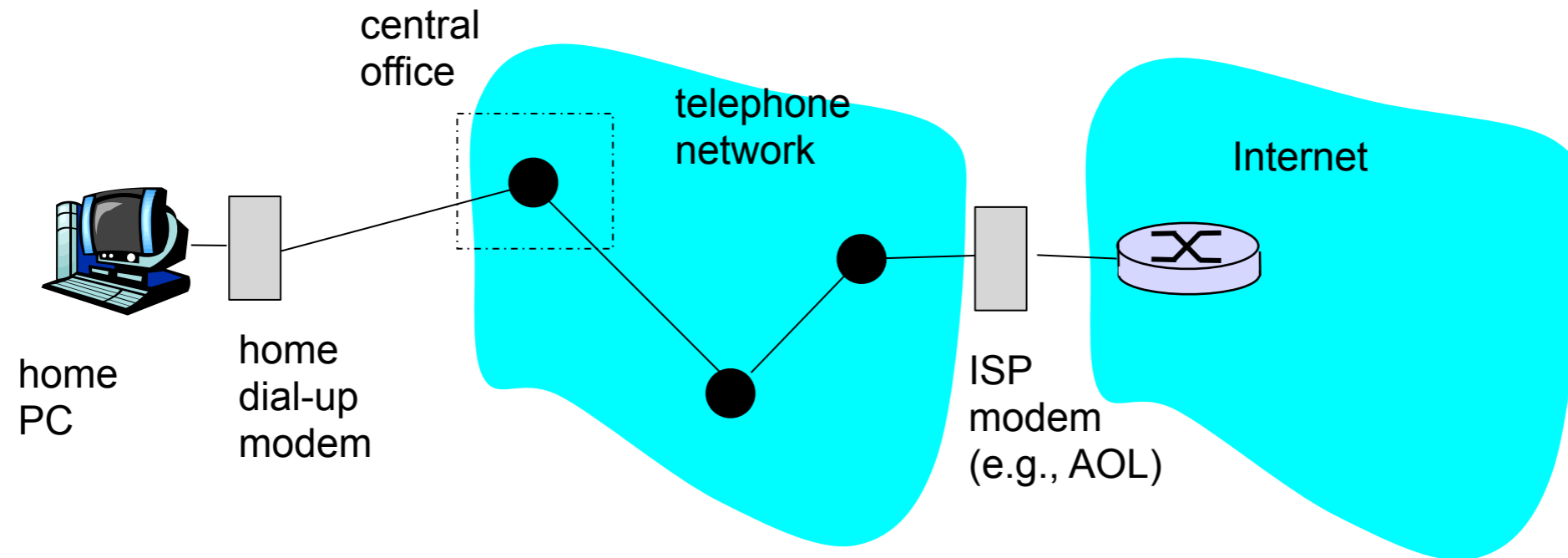
(Aus Tanenbaum)

# Die letzte Meile



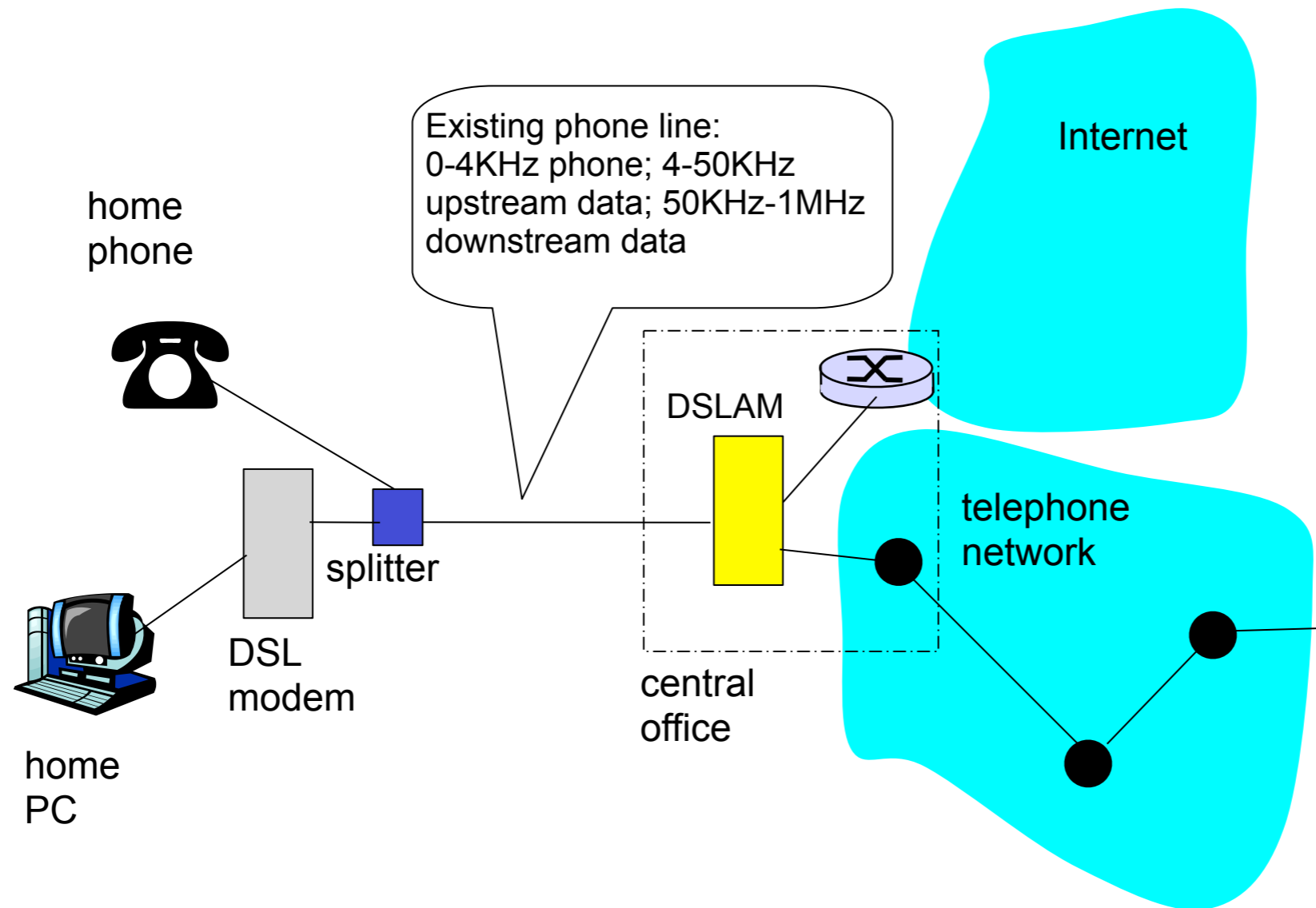
- Physikalische Verbindung (link)
  - Medium zwischen Transmitter (Sender) und Receiver (Empfänger)
- Drahtgebundene Übertragungsmedien (guided media)
  - Kupfer, Glasfaser (10-100 Gb/s), Koaxialkabel
- Drahtlose Übertragungsmedien (unguided media)
  - Elektromagnetische Übertragung (Mikrowellen, Licht), 3G, Satellit, Schallwellen
- Twisted Pair (TP)
  - zwei isolierte Kupferdrähte
  - Category 3: Telefonleitung, 10 Mbps Ethernet
  - Category 5: 100Mbps Ethernet

# Dial-up Modem

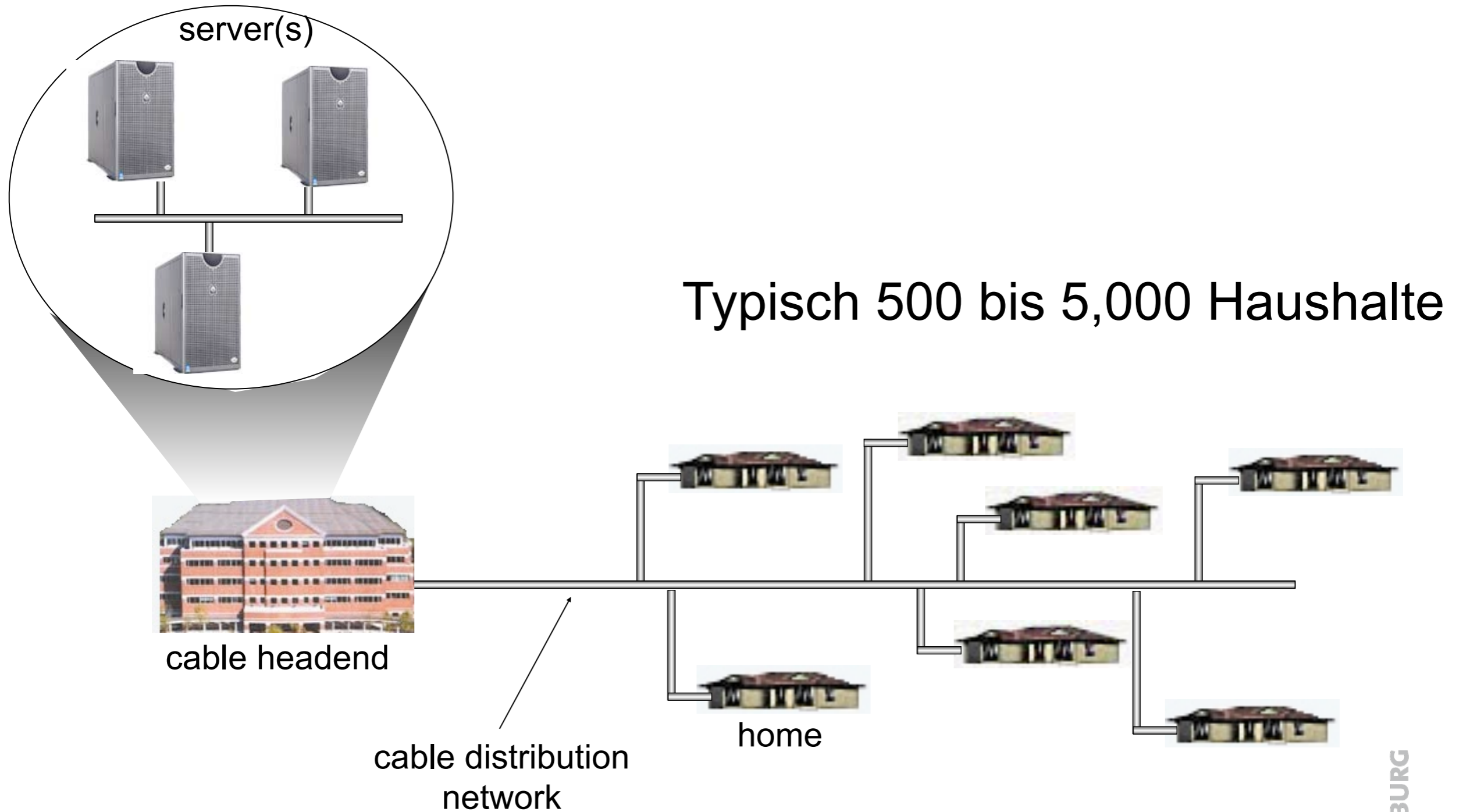


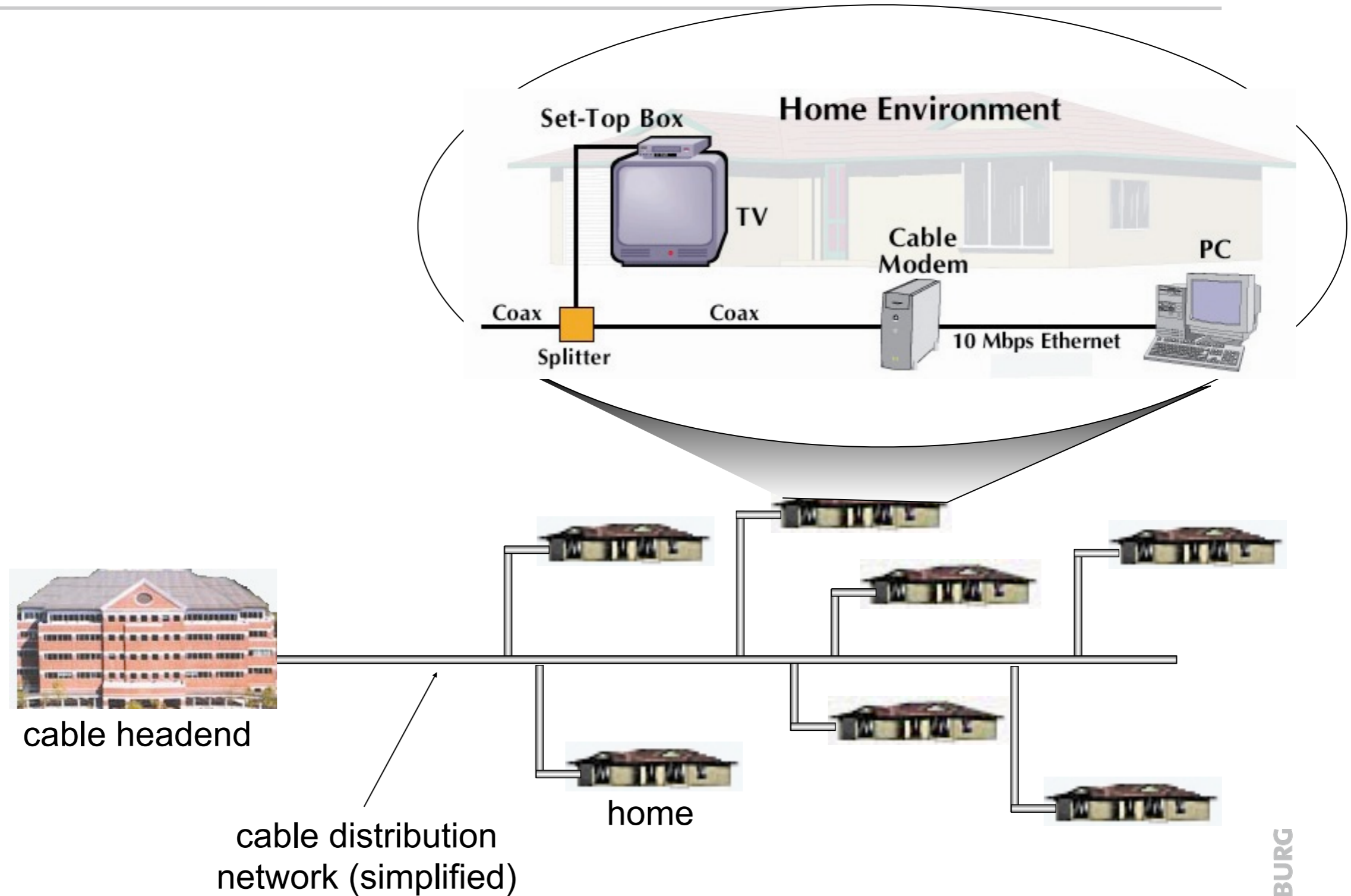


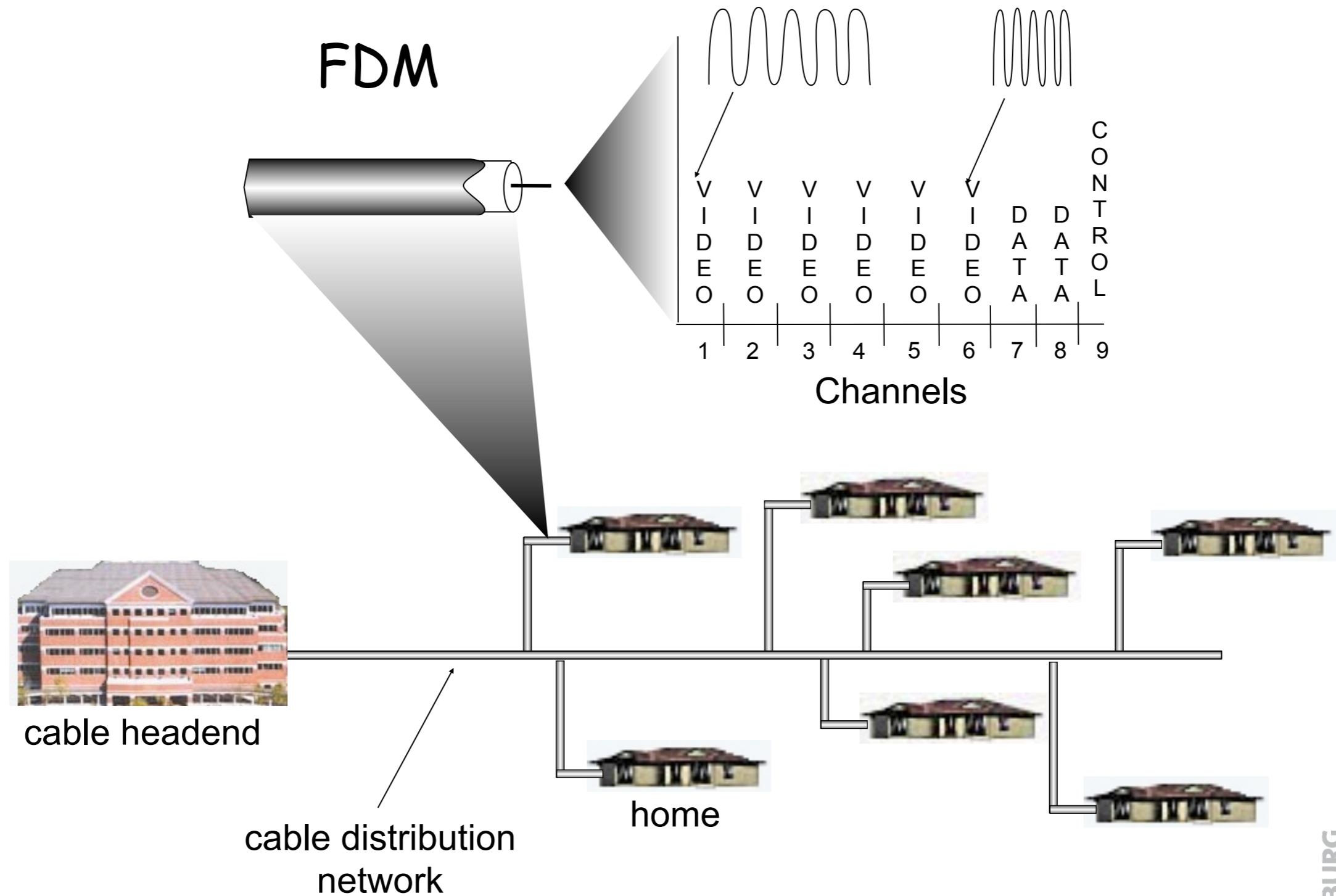
# Digital Subscriber Line (DSL)

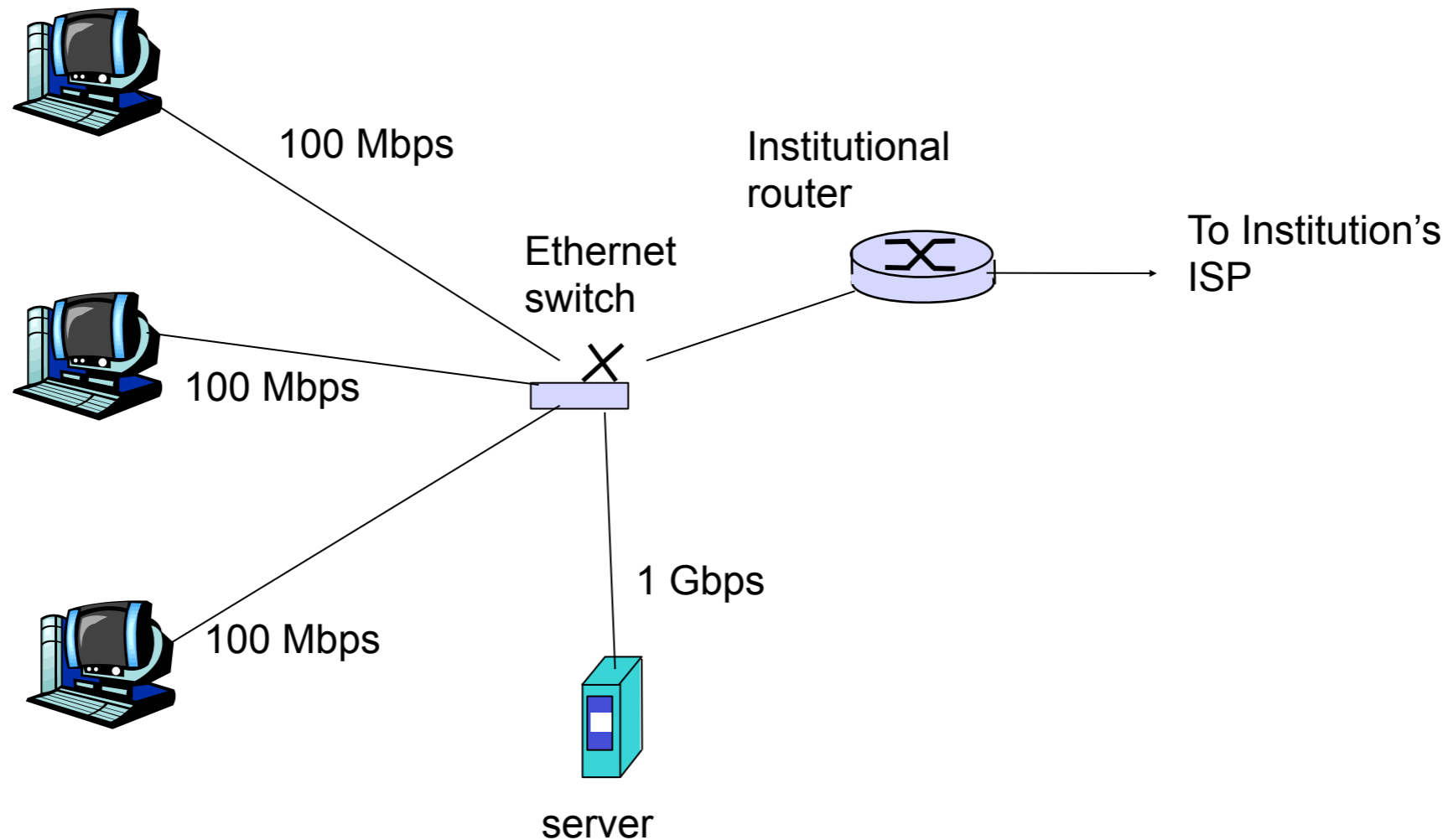


- Verwenden eigene Kabel-TV-Infrastruktur
- HFC: hybrid fiber coax
  - Kombinierte Verwendung von Glasfaser und Koaxialkabel
  - $\leq 30\text{Mbit/s}$  downstream,  $\leq 2\text{ Mbit/s}$  upstream
- Koaxialkabel beim Endkunden
  - Modem trennt Internet, Fernsehen und Telefon-Dienste





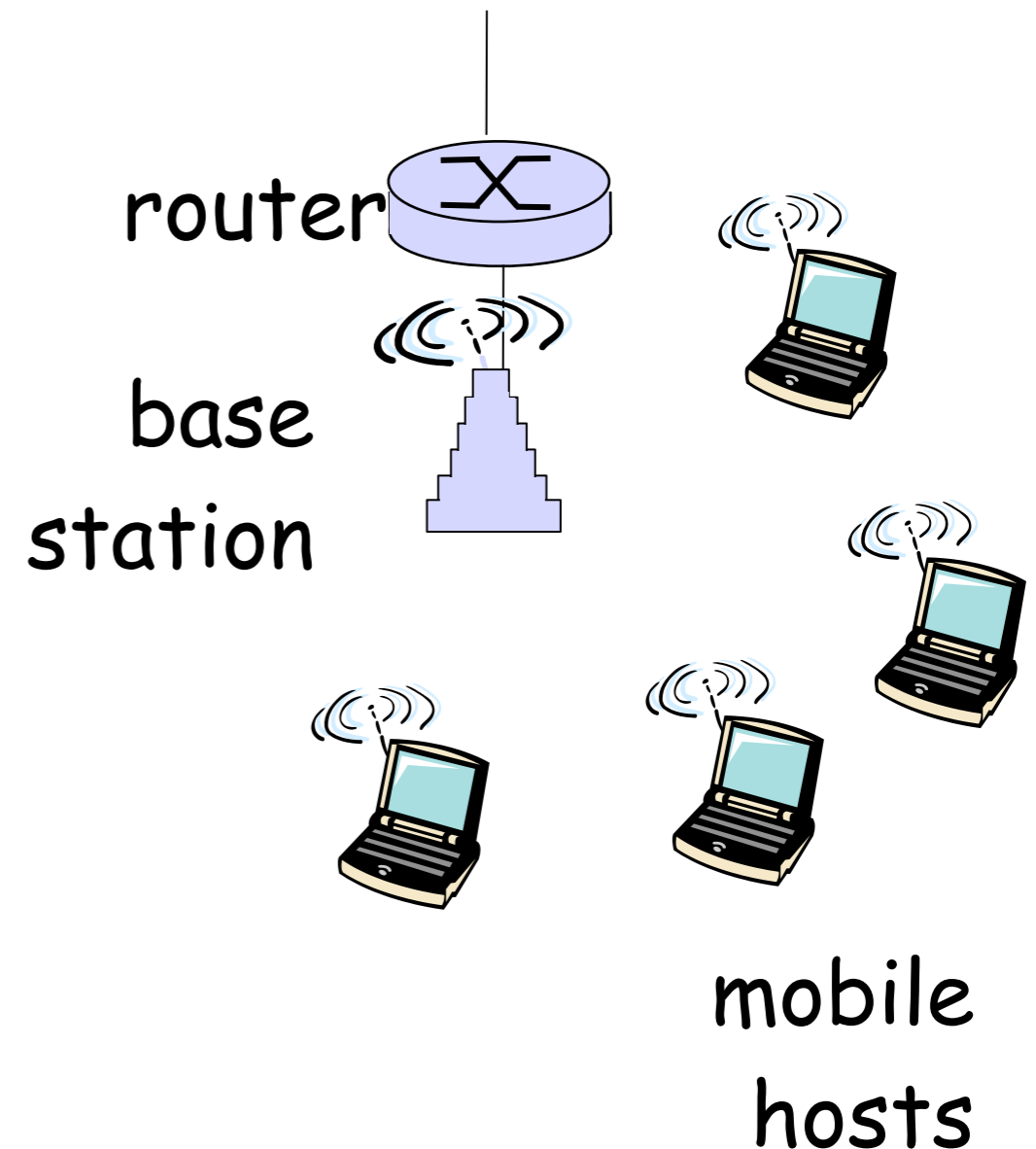




- Typisch für Firmen, Universitäten
  - 10 Mbs, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps Ethernet

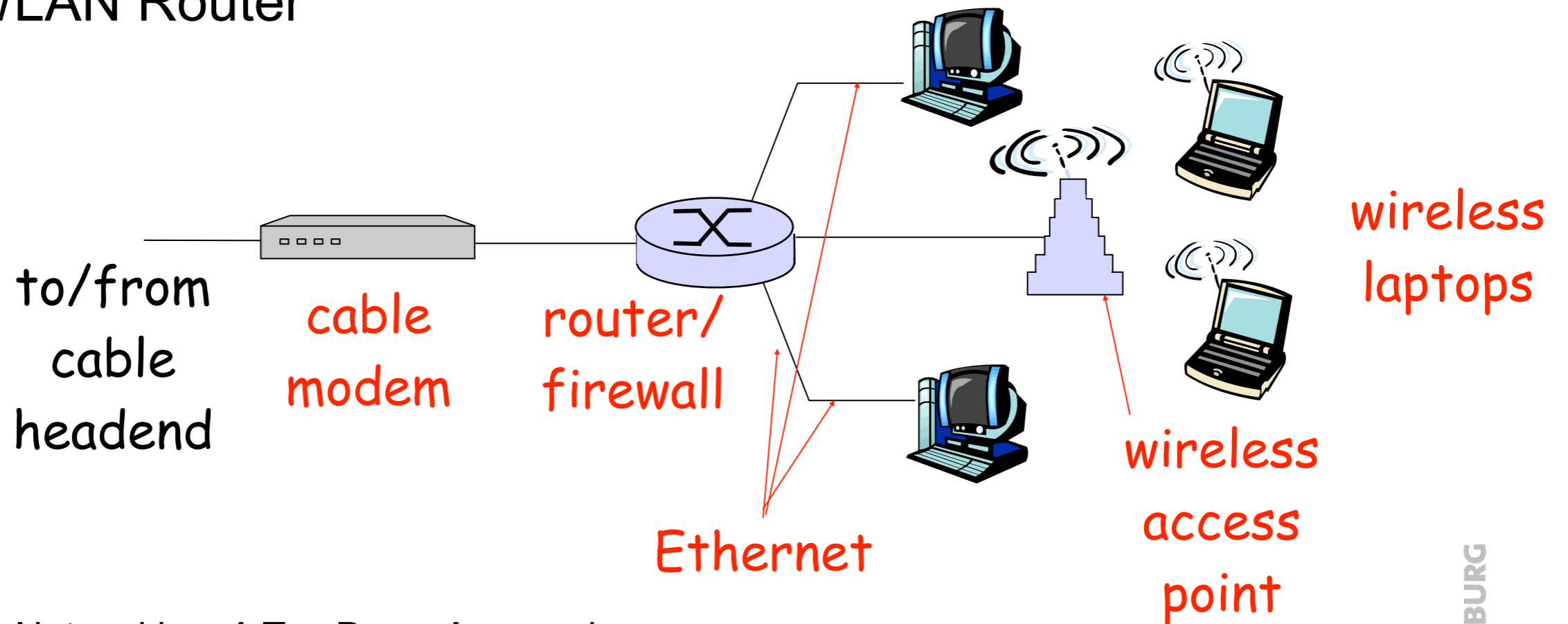
- Kategorien drahtloser Netzwerke
  - Systemverdrahtung
    - Z.B. Bluetooth
  - Wireless LANs
    - Z.B. Uni-Netzwerk
  - Wireless WANs
    - Drahtlose Vernetzung von W-LANs

- gemeinsame drahtlose Verbindung zum Router
  - base station = “access point”
- wireless LANs:
  - 802.11b/g (WiFi): 11 / 54 Mbit/s
  - 802.11n: 600 Mbit/s
- wider-area wireless access
  - 3G (UMTS)
    - High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)
    - CDMA2000 (EV-DO)
    - Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)
  - 4G ( $\geq 100$ Mbit/s)
    - LTE (long term evolution)
      - Deutschland
    - WiMAX (802.16)
      - USA, Japan, Korea, Russland





- Typische Komponenten
  - DSL, modem
  - Router/Firewall/NAT
  - Ethernet
  - WLAN Router



# Systeme II

## 4. Das Internet (Version 14.05.2012)

Christian Schindelbauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg