



Systeme II

4. Das Internet

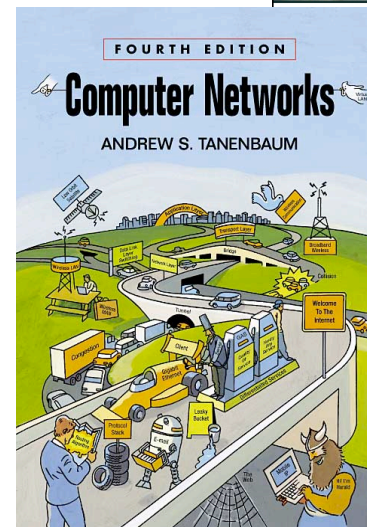
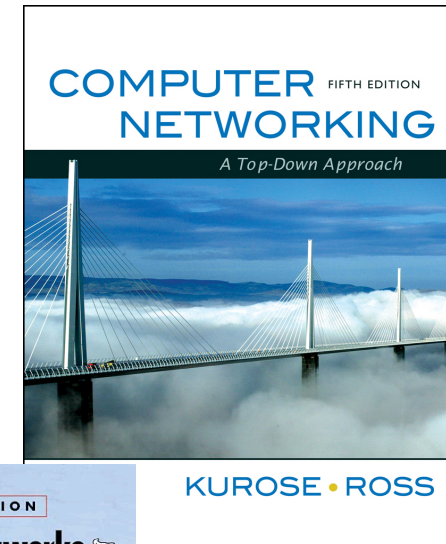
Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

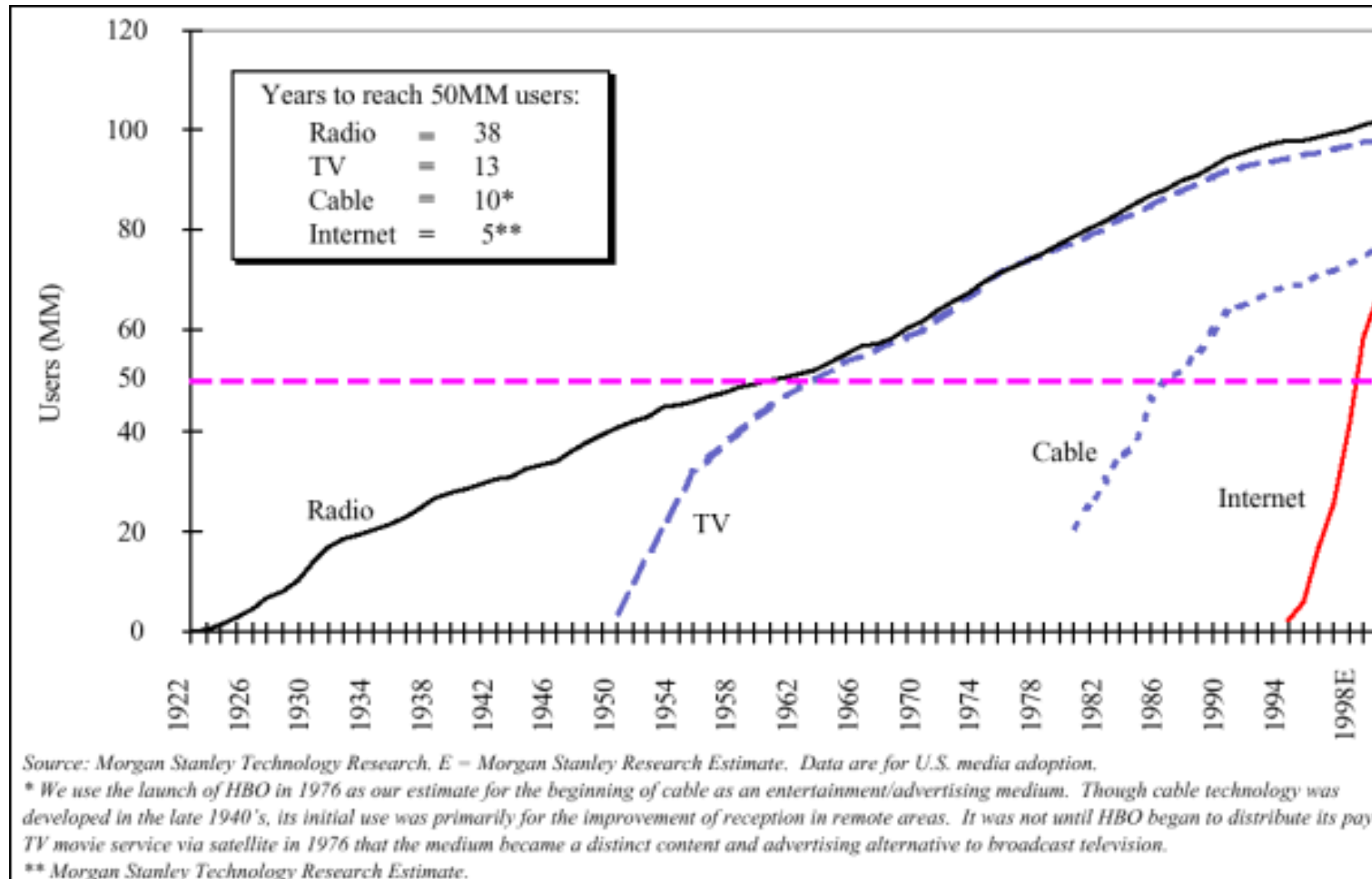
Rechnernetze und Telematik

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



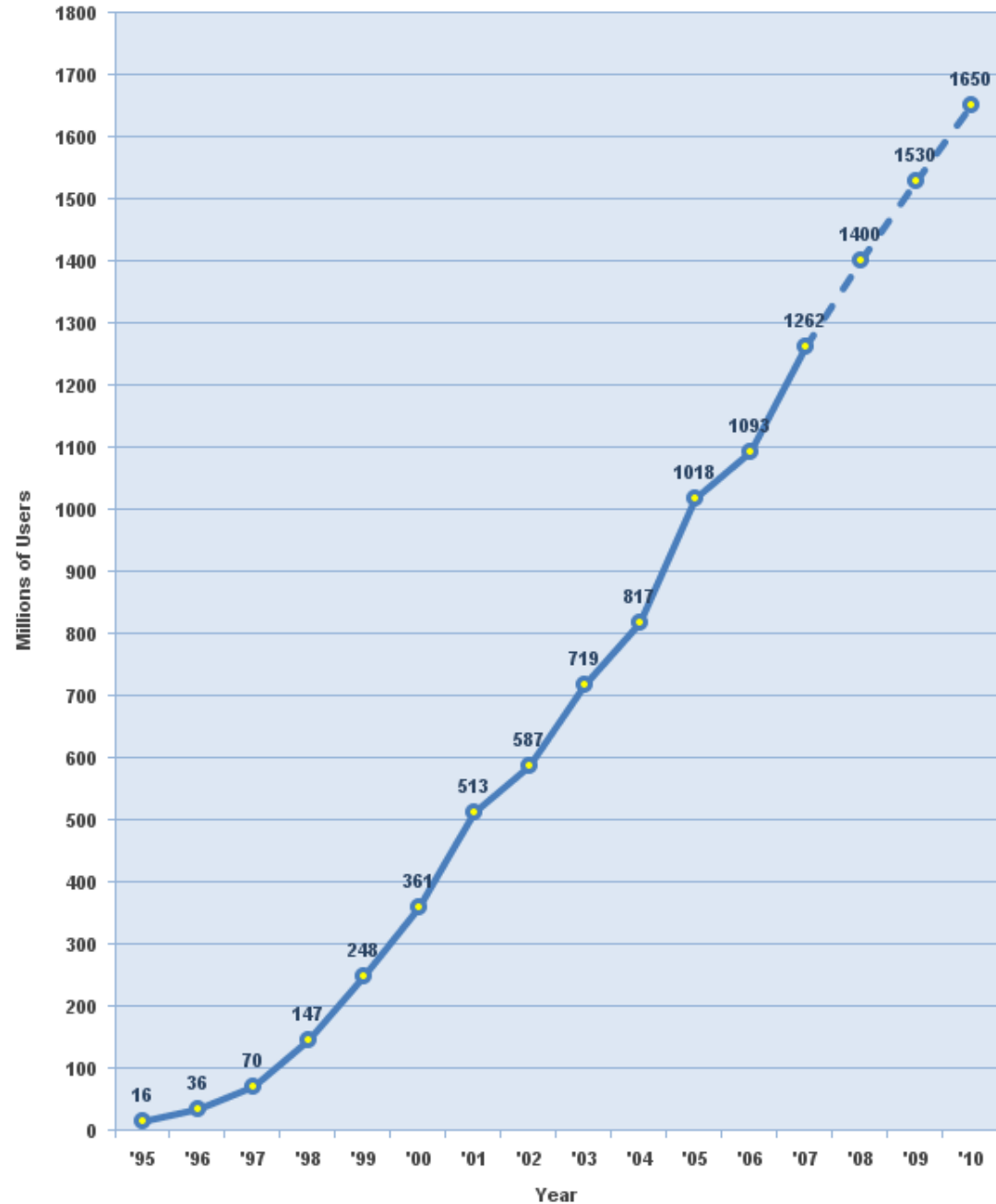
Motivation



Internet 2008

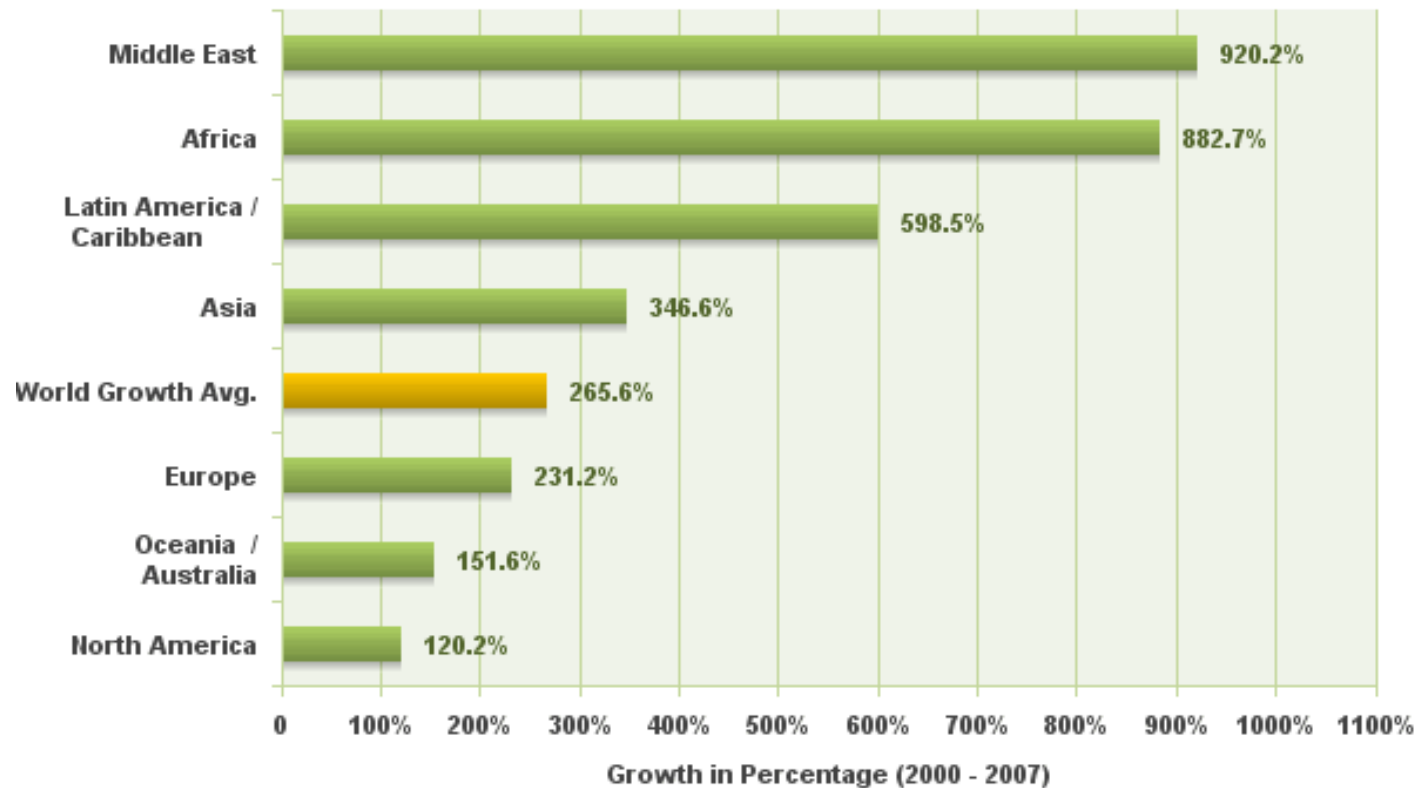
www.internetworldstats.com

Internet Users in the World Growth 1995 - 2010



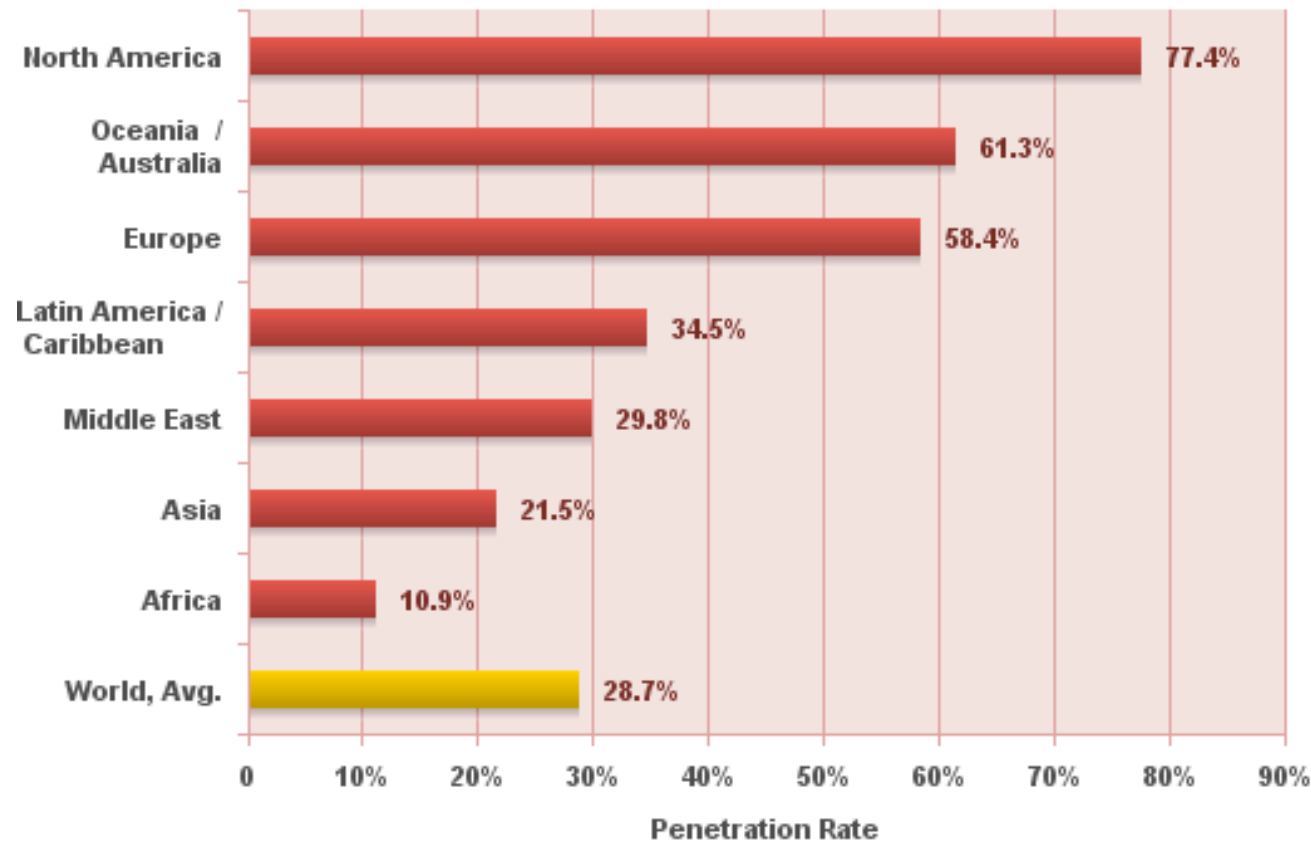
Source: www.internetworldstats.com - January, 2008
Copyright © 2008, Miniwatts Marketing Group

Internet Users in the World Growth Between 2000 and 2007



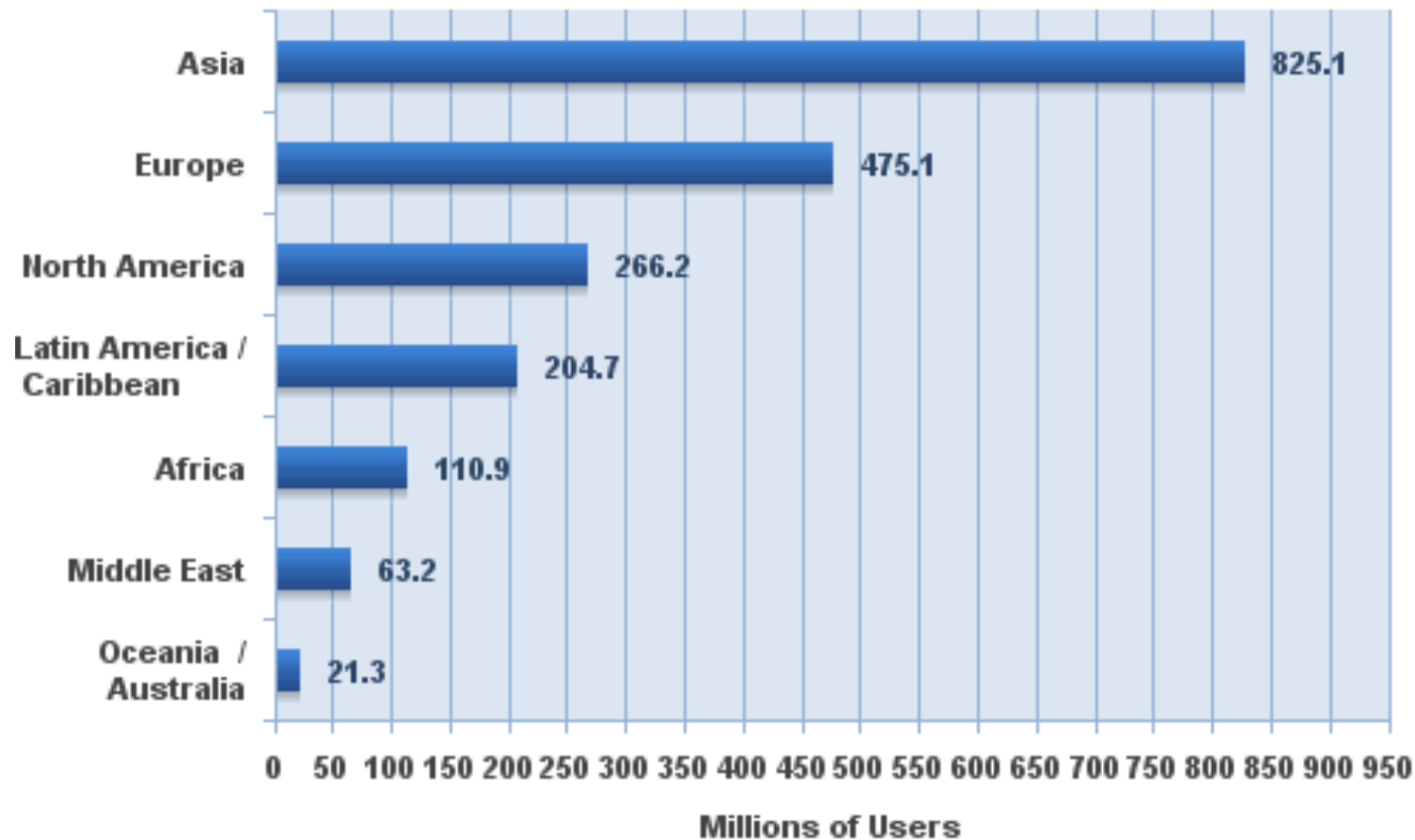
Note: Total World Internet Users estimate is 1,319,872,109 for year-end 2007.
Copyright © 2008, Miniwatts Marketing Group - www.internetworldstats.com

World Internet Penetration Rates by Geographic Regions - 2010



Source: Internet World Stats - www.internetworldstats.com/stats.htm
Penetration Rates are based on a world population of 6,845,609,960
and 1,966,514,816 estimated Internet users on June 30, 2010.
Copyright © 2010, Miniwatts Marketing Group

Internet Users in the World by Geographic Regions - 2010



Source: Internet World Stats - www.internetworldstats.com/stats.htm
Estimated Internet users are 1,966,514,816 on June 31, 2010
Copyright © 2010, Miniwatts Marketing Group

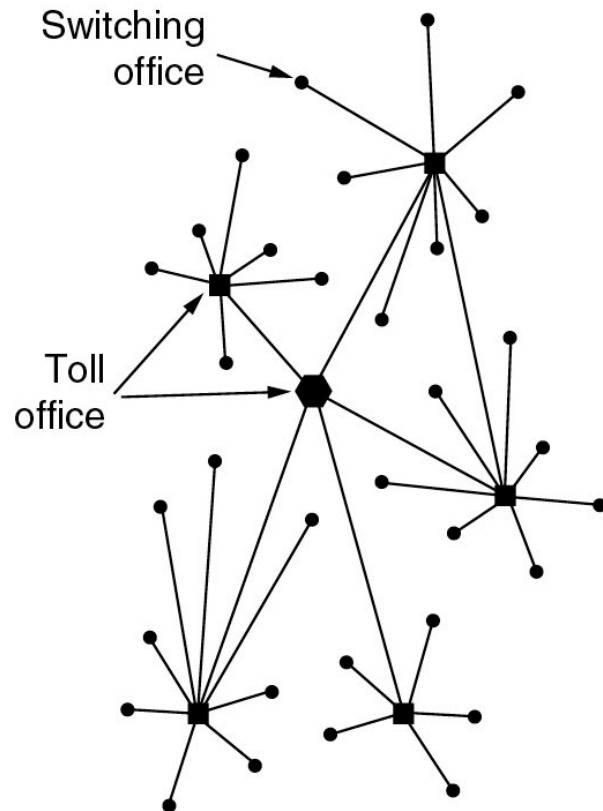
- Monatlicher Datenverkehr
 - Cisco:
 - 2009: 14 000 PB
 - 2010: 21 000 PB
 - 1 PetaByte = 10^{15} bytes
- monatlicher Datenverkehr pro Kopf 2009 (Minnesota Internet Traffic Studies)
 - Europa: 5,0 GB
 - Japan 5,0 GB
 - USA: 7,0 GB
 - Hongkong/Südkorea: 17 GB/ 30 GB
- Jährliche Wachstumsrate
 - Weltweit: 40-50%

- 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

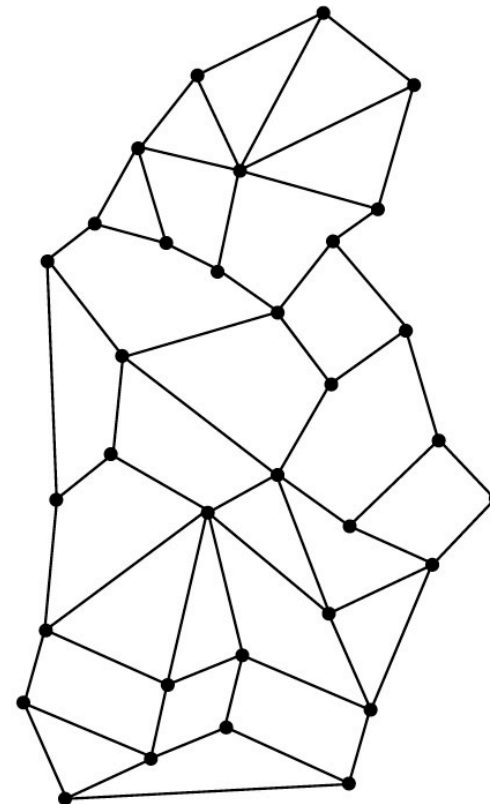
- ist das weltweite, offene WAN (wide area network)
- ist systemunabhängig
- verbindet LANs (local area networks)
- hat keine zentrale Kontrolle

- ist nicht das World Wide Web (WWW)

- Hierarchisches Telefon-Netzwerk



(a)



(b)

- 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

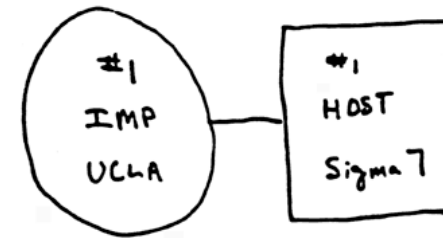
■ Packet Switching

- 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

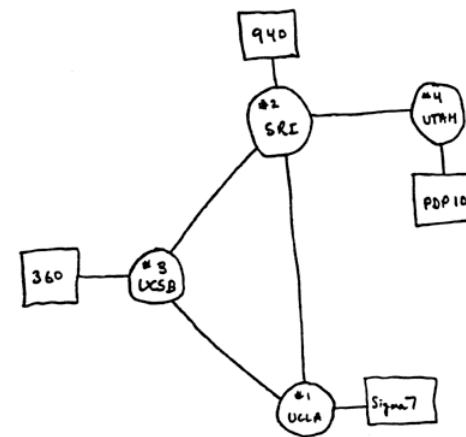
■ Resümee

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

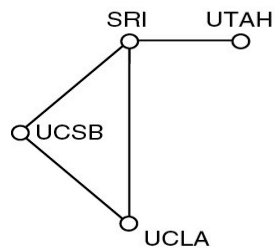
- 1961: Packet Switching Theory
 - Leonard Kleinrock, MIT, "Information Flow in Communication Nets"
- 1962: Konzept des "Galactic Network"
 - J.C.R. Licklider and W. Clark, MIT, "On-Line Man Computer Communication"
- 1965: Erster Vorläufer des Internet
 - Analoge Modem-Verbindung zwischen zwei Rechnern 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



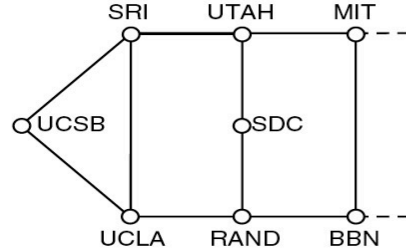
Originaldiagramme des "Ur-Internets"



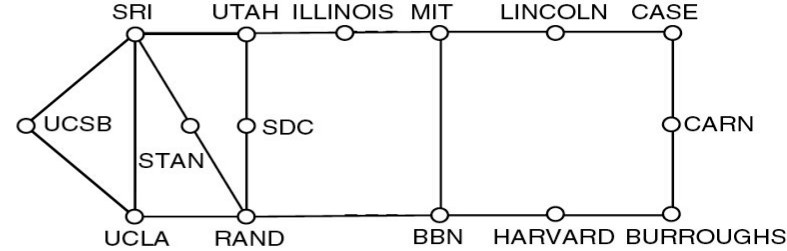
Das ARPANET



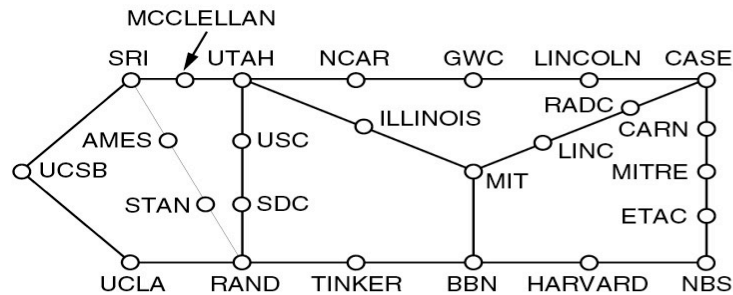
(a)



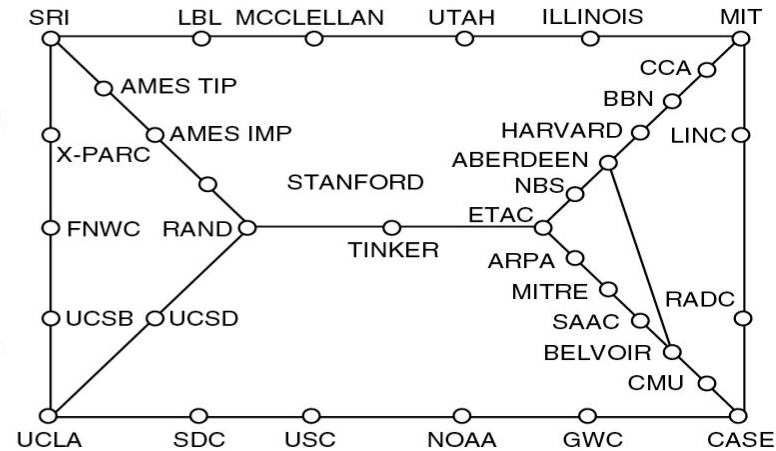
(b)



(c)



(d)



(e)

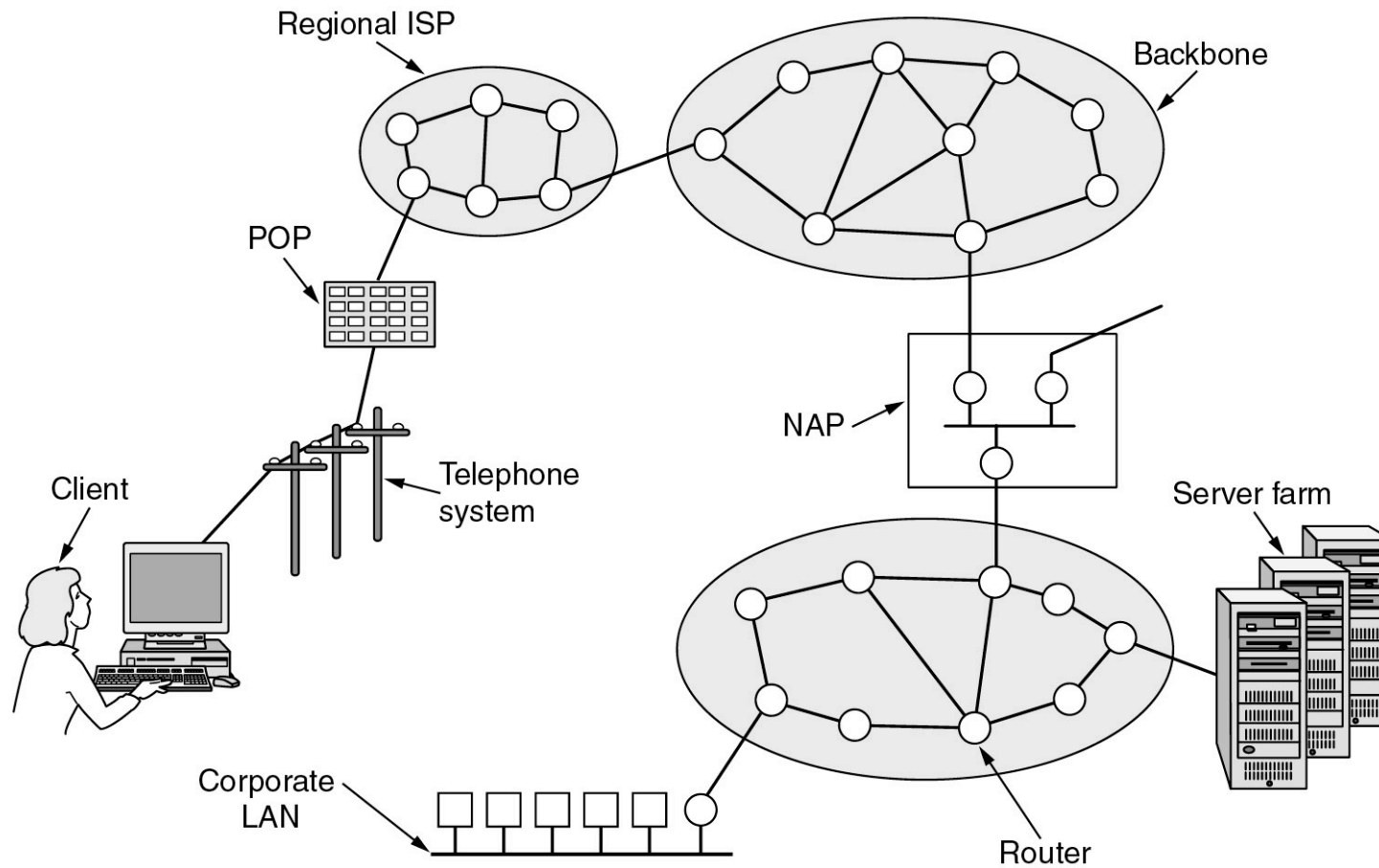
Wachstum ARPANET (a) Dezember 1969. (b) Juli 1970.
 (c) März 1971. (d) April 1972. (e) September 1972.

- 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

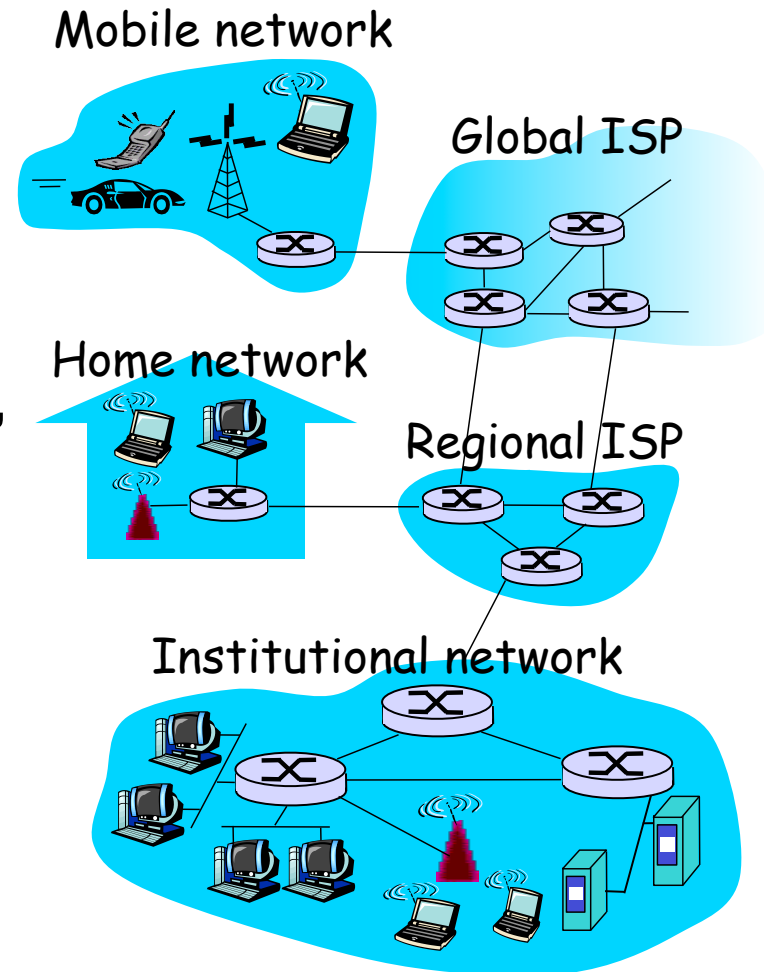
- 1990er: Web
 - Hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, later Netscape
- Späte 1990er – 2000
 - Neue Anwendungen:
 - Instant messaging, P2P file sharing
 - Netzwerksicherheit
 - 50 Mio. Rechner, mehr als 100 Mio. Benutzer
 - Backbone läuft mit Gbps

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

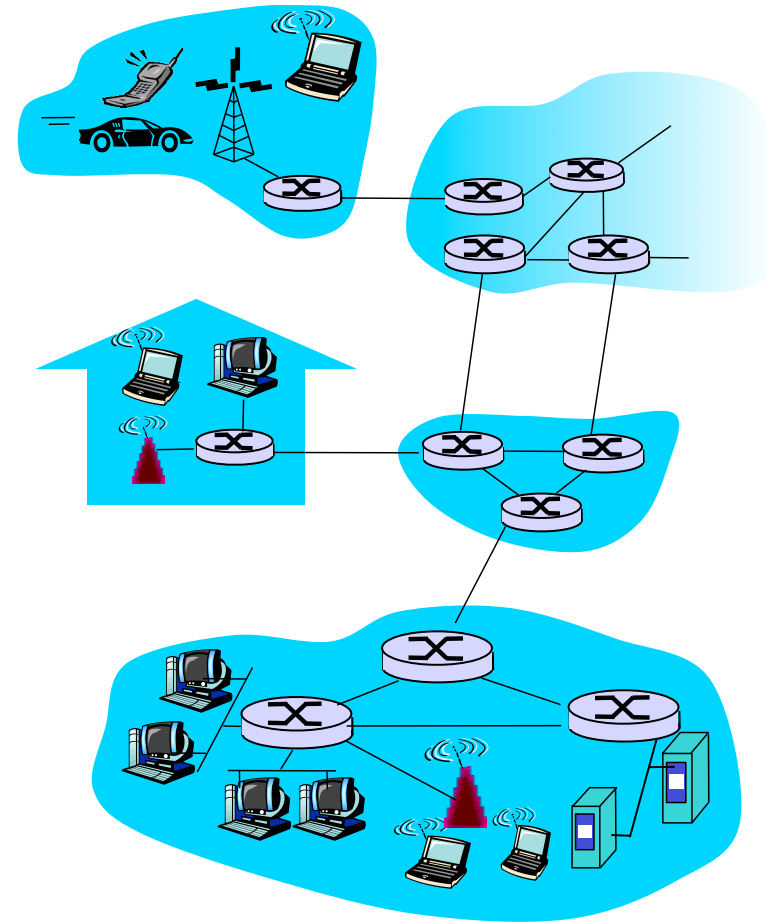


Was ist das Internet

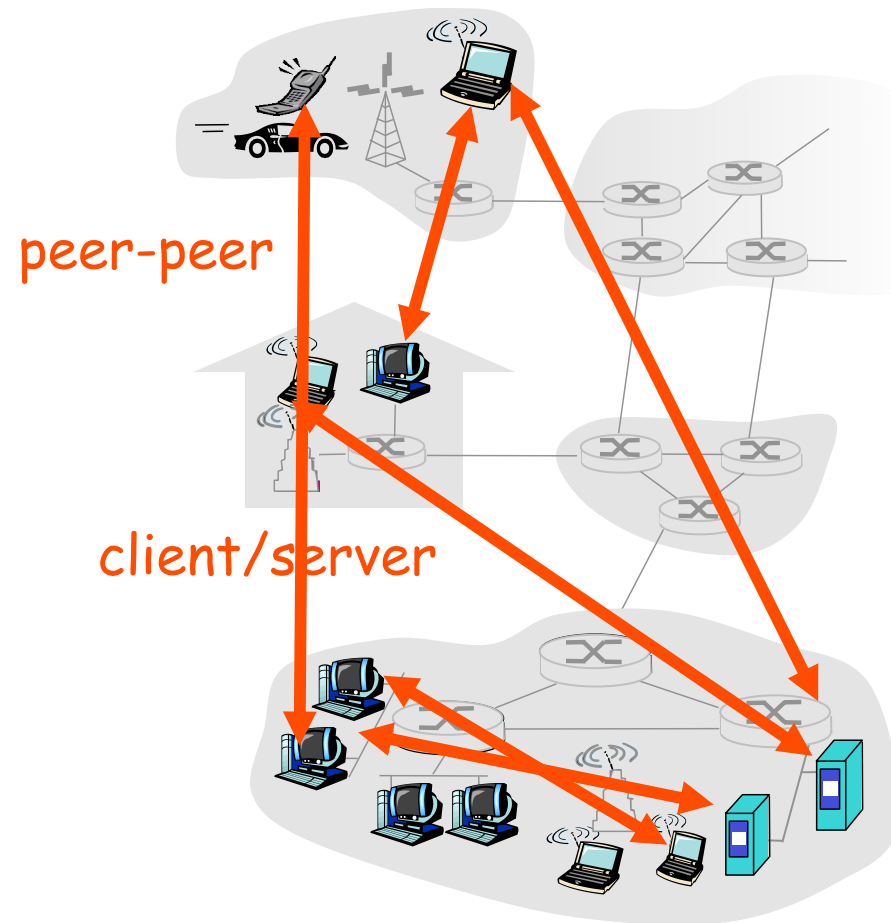
- Protokolle kontrollieren Empfang und Versand von Nachrichten
 - z.B., TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- Internet: “vernetzte Netzwerke”
 - flache Hierarchien
 - Öffentliches Internet und privates Intranet
- Internet Standards
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



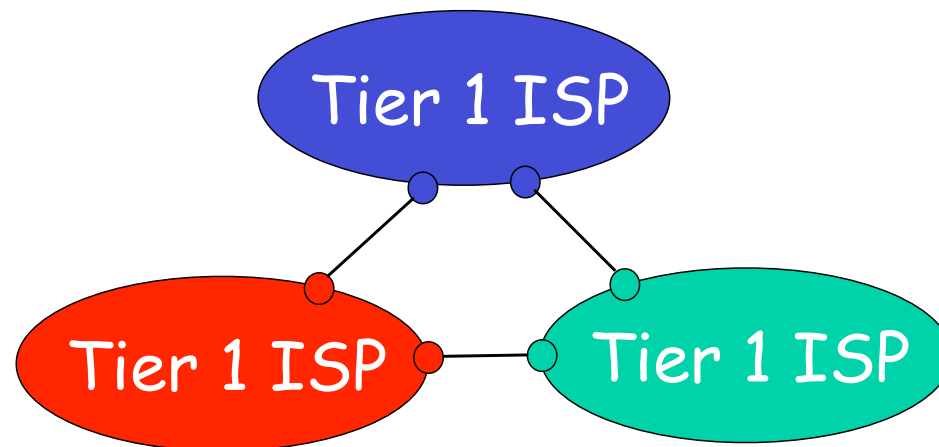
- Netzwerk-Endpunkte
 - Anwendungen und Rechner (Hosts)
- Zugangsnetze und physikalische Medien
 - drahtgebundene und drahtlose Kommunikation
- Netzwerk-Kern
 - Vernetzte Router
 - Vernetzte Netzwerke



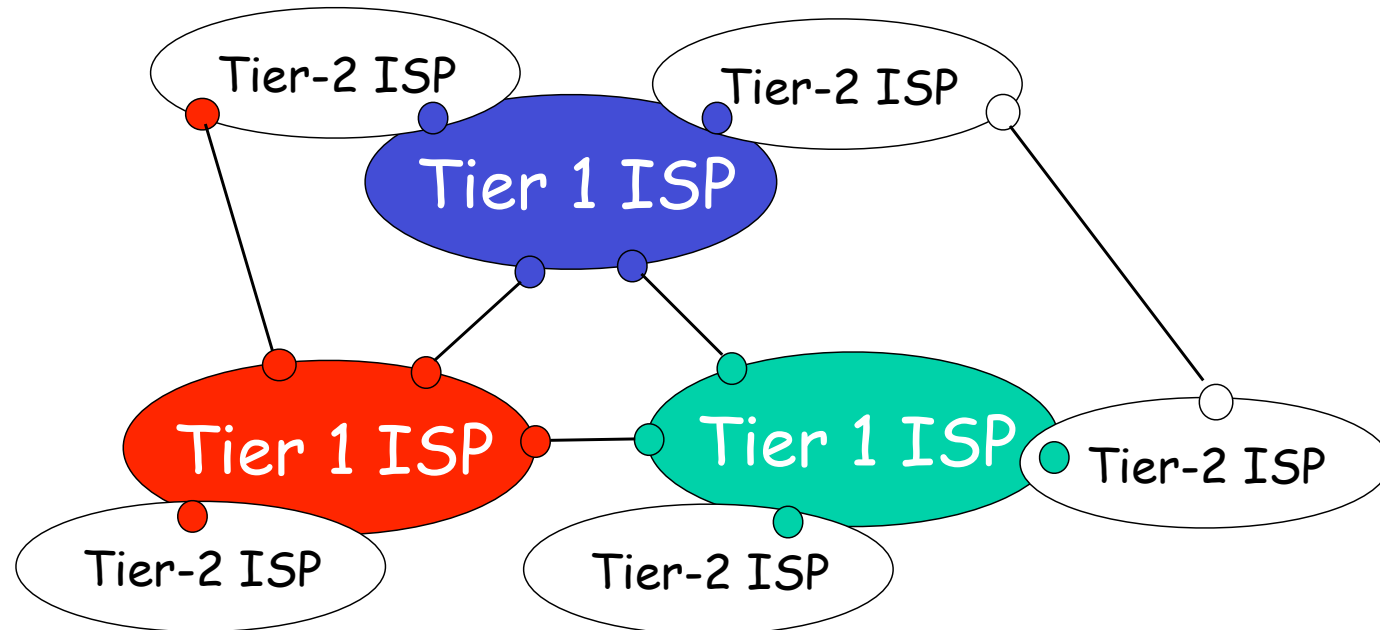
- Netzwerk-Endpunkt
 - Anwendungen
 - e.g. Web, email
- Client/Server-Modell
 - Client fragt an
 - Server beantwortet die Anfragen
 - z.B. Web browser/server;
email client/server
- Peer-to-Peer
 - (fast) ohne Servers
 - e.g. Skype, BitTorrent



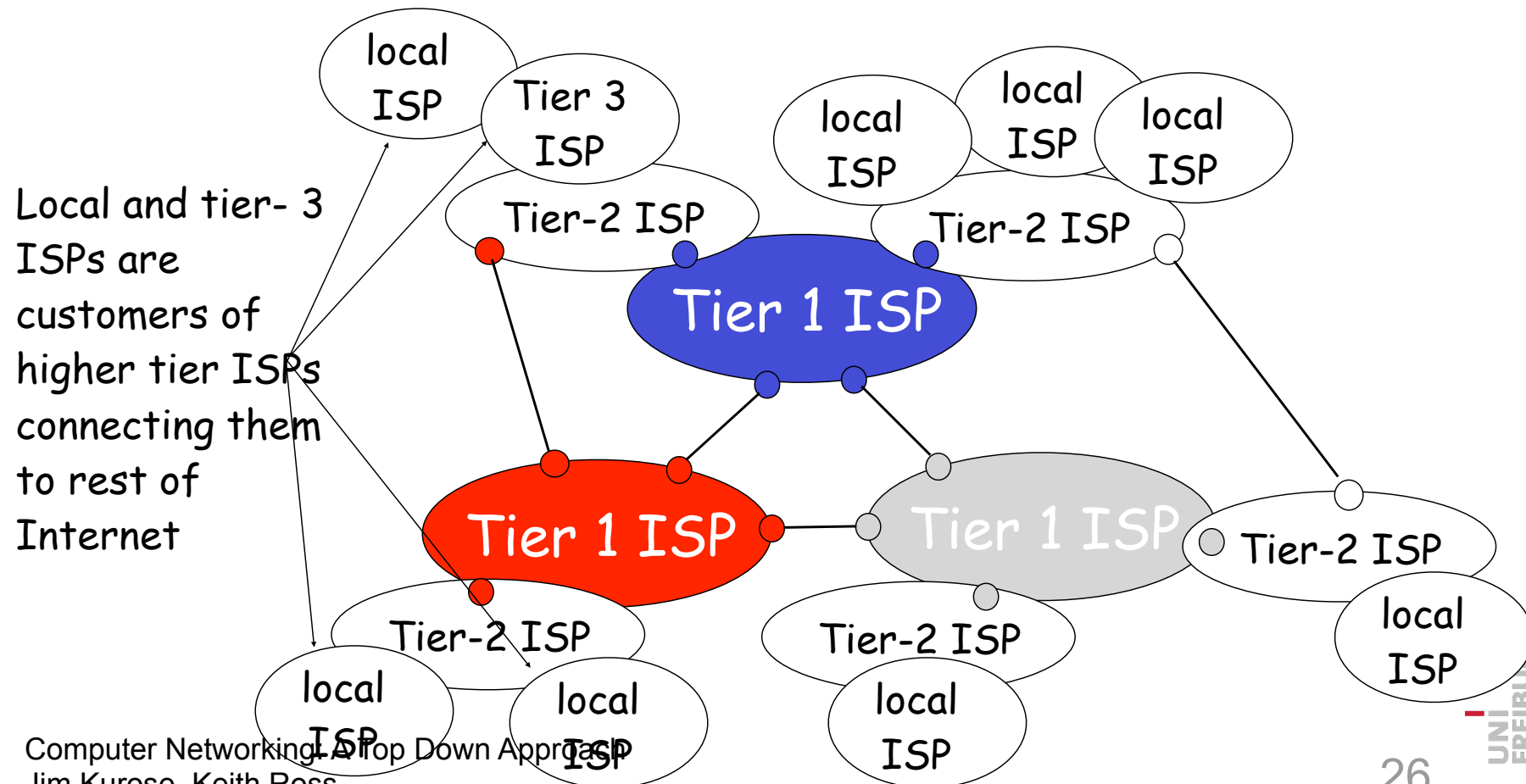
- Oberste Hierarchie: Tier-1
 - z.B. Verizon, Sprint, AT&T, Cable and Wireless, Telekom
 - nationale und internationale Abdeckung
 - Gleichbehandlung auf der obersten Ebene



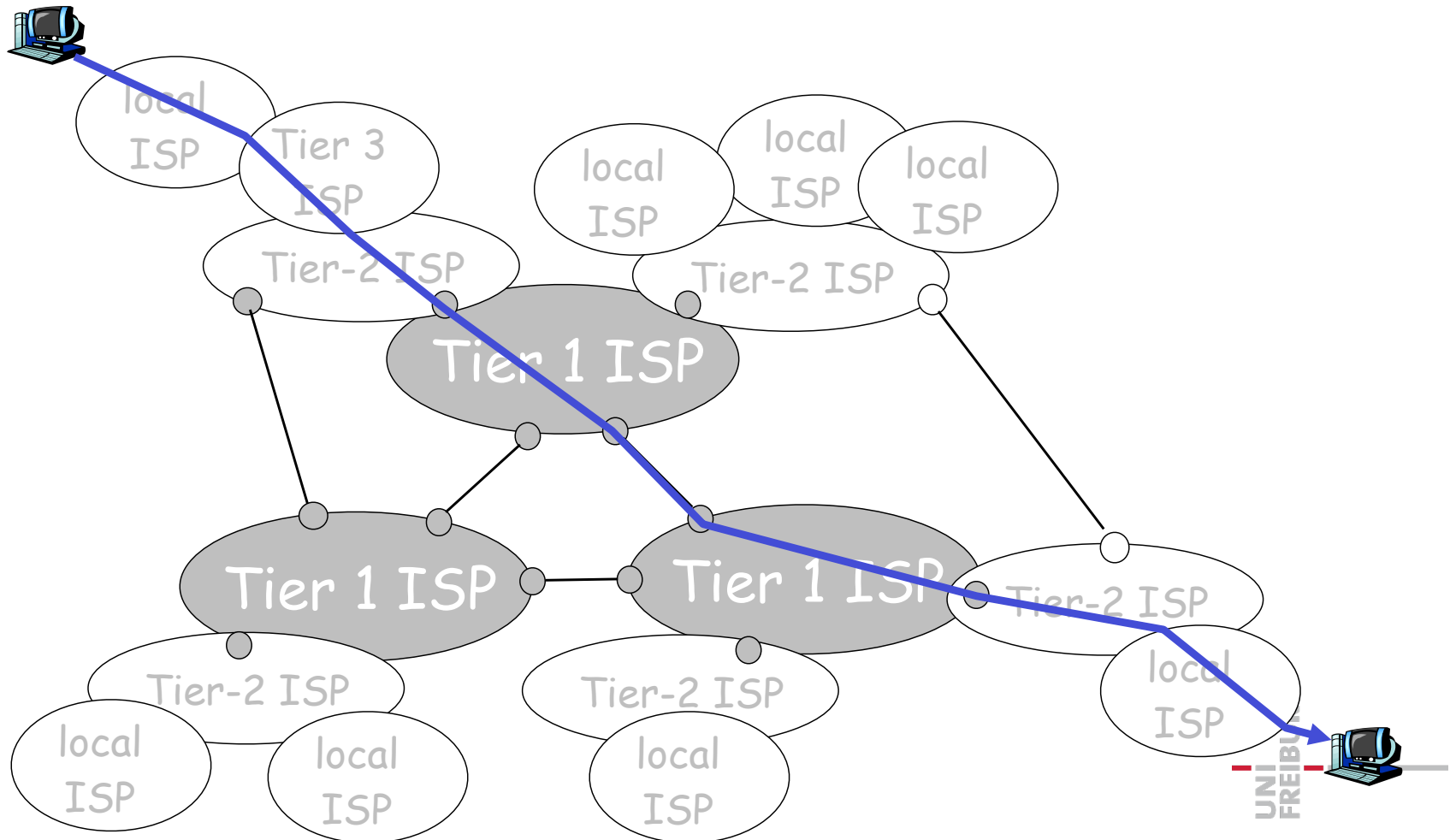
- “Tier-2” ISP: kleinere, regionale ISPs
 - verbunden mit einem oder mehreren tier-1 ISPs, möglicherweise auch anderen tier-2 ISPs



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

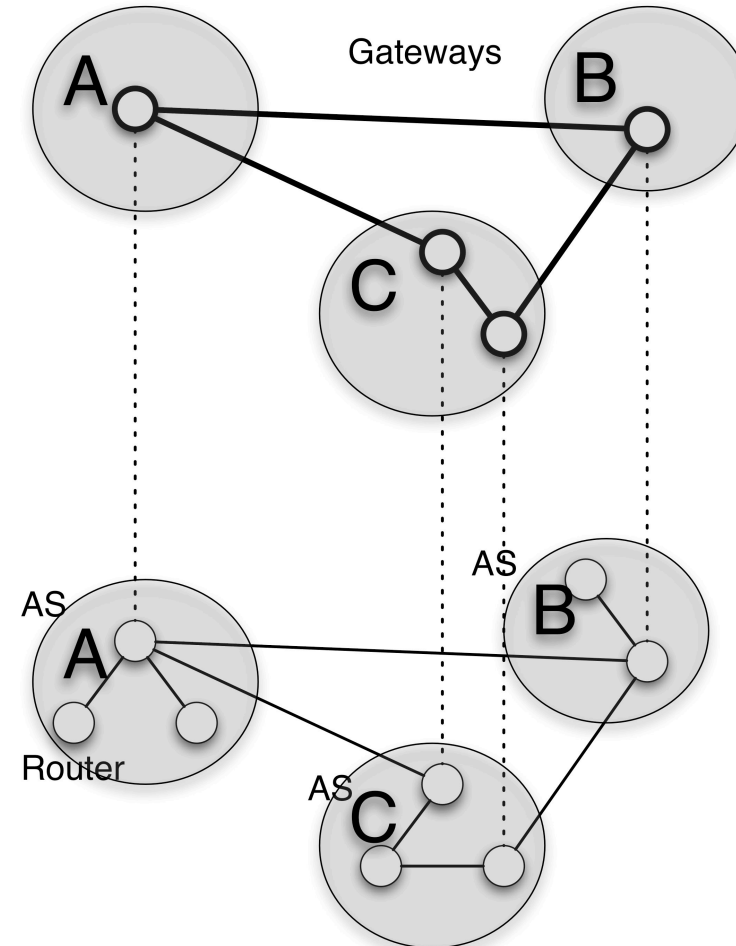


- Pakete durchlaufen verschiedene Netze



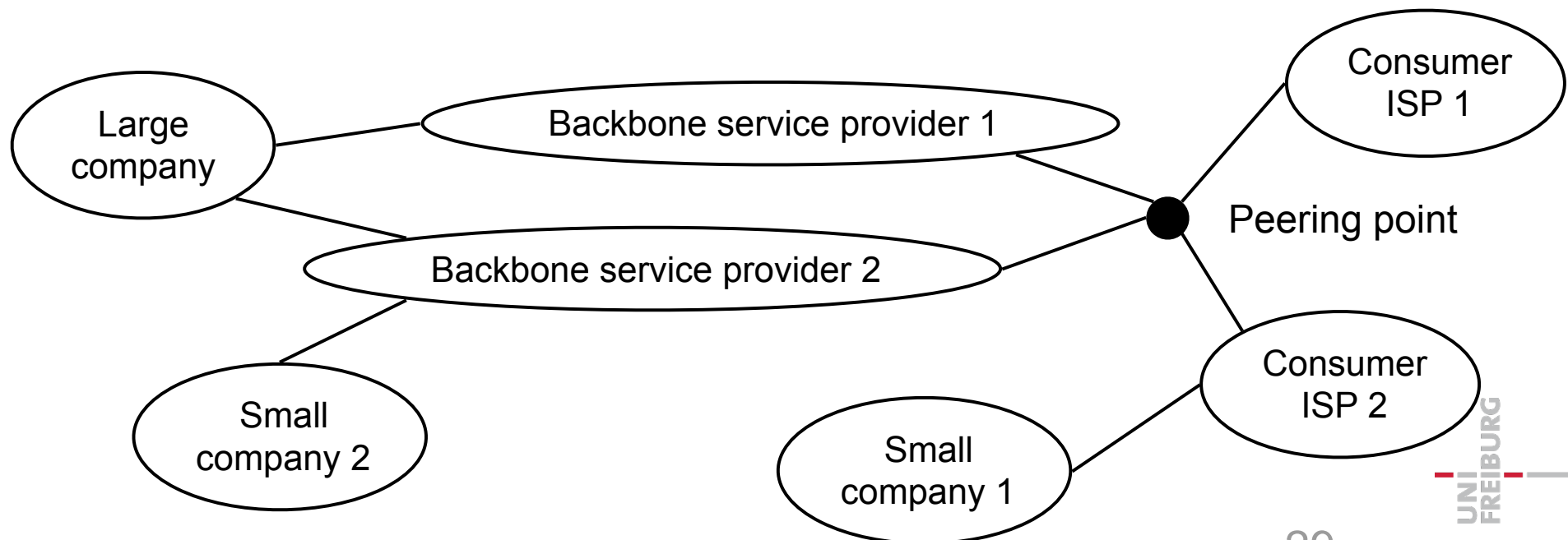
AS, Intra-AS und Inter-AS

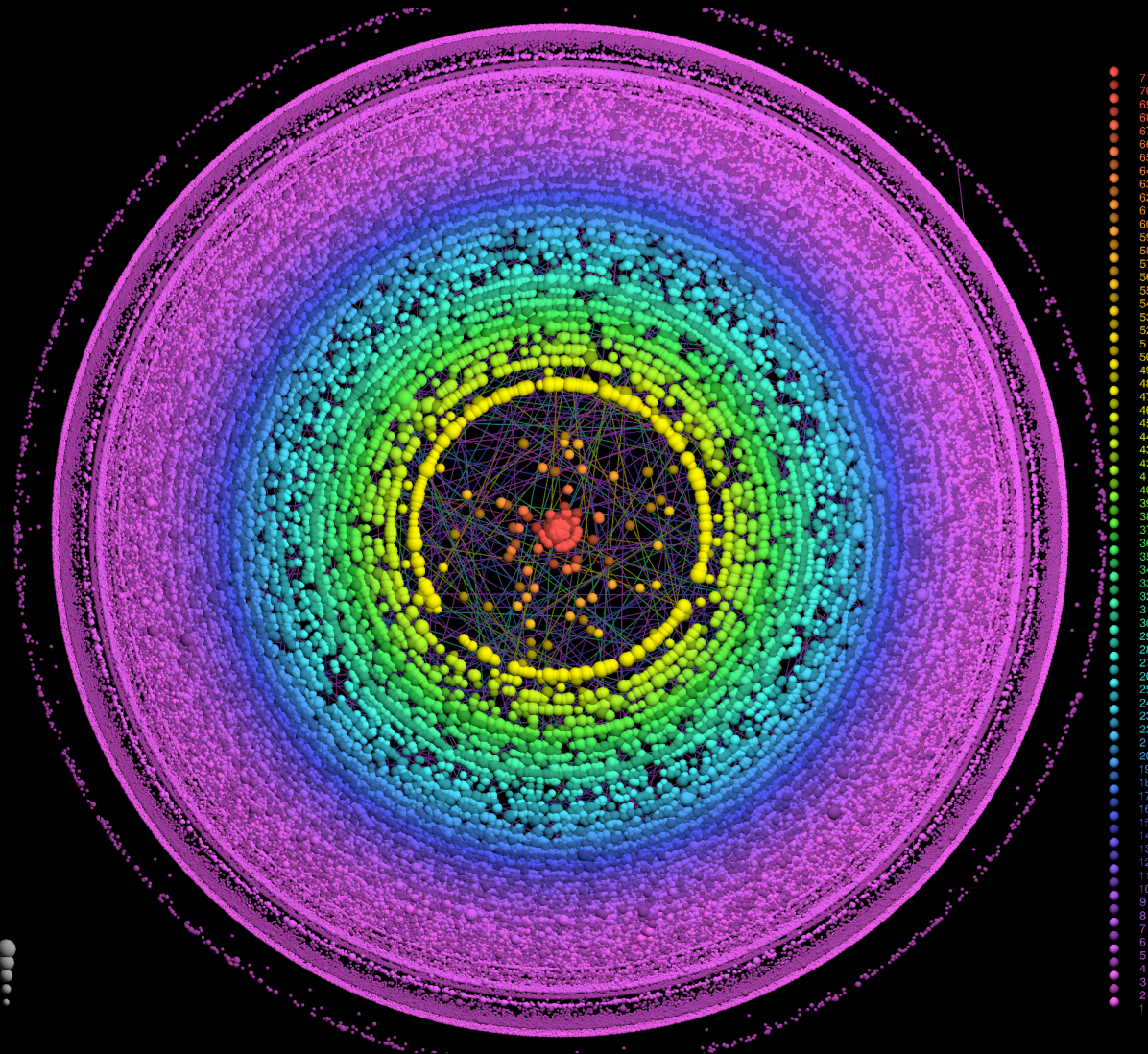
- Autonomous System (AS)
 - liefert ein zwei Schichten-Modell des Routing im Internet
 - Beispiele für AS:
 - uni-freiburg.de
- Intra-AS-Routing (Interior Gateway Protocol)
 - ist Routing innerhalb der AS
 - z.B. RIP, OSPF, IGRP, ...
- Inter-AS-Routing (Exterior Gateway Protocol)
 - Übergabepunkte sind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



Typen autonomer Systeme

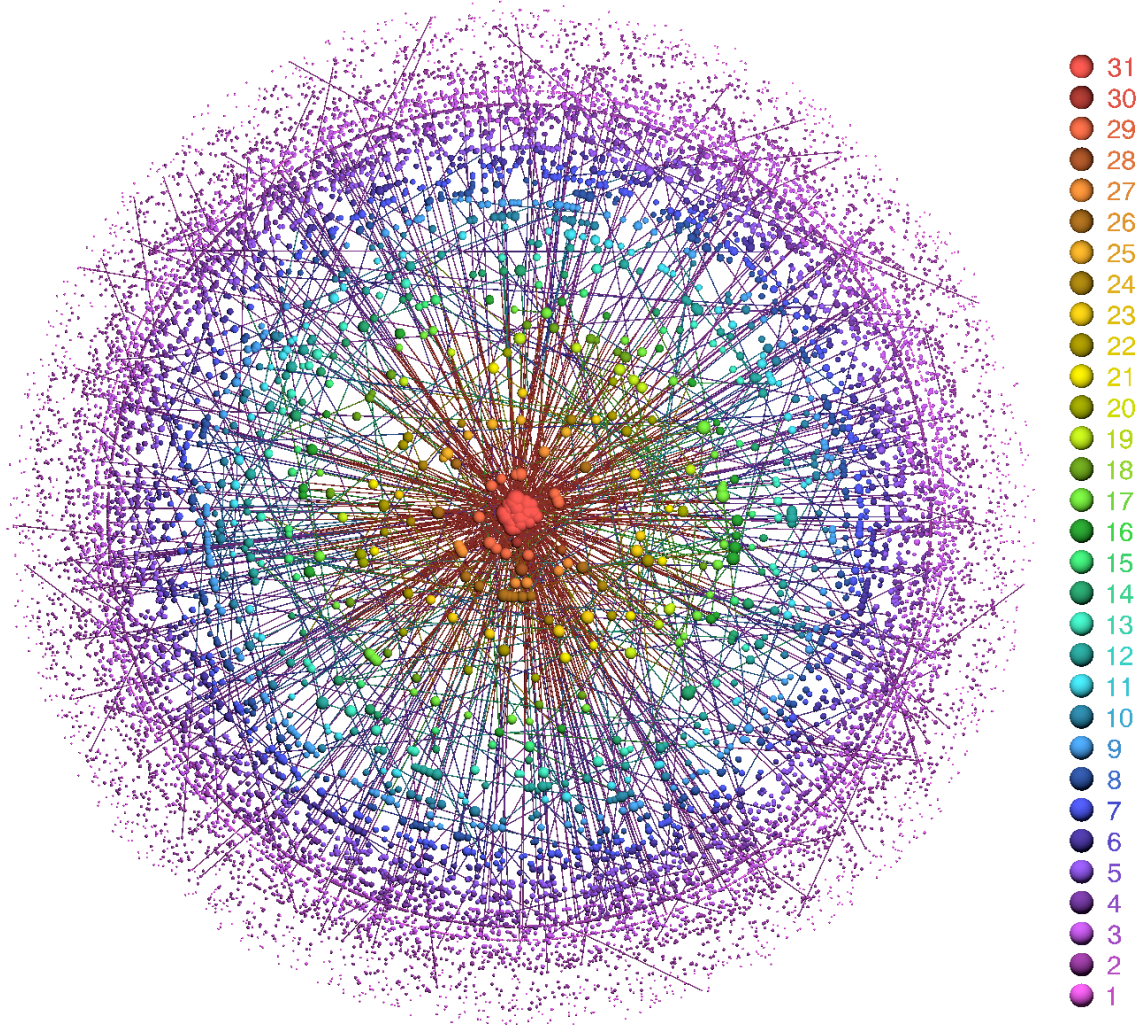
- Stub-AS
 - Nur eine Verbindung zu anderen AS
- Multihomed AS
 - Verbindungen zu anderen ASen
 - weigert sich aber Verkehr für andere zu befördern
- Transit AS
 - Mehrere Verbindungen
 - Leitet fremde Nachrichten durch (z.B. ISP)





100000
50000
25000
5000
1000

Quelle:
netdimes.org



Quelle:
netdimes.org

Die Schichtung des Internets - TCP/IP-Layer

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

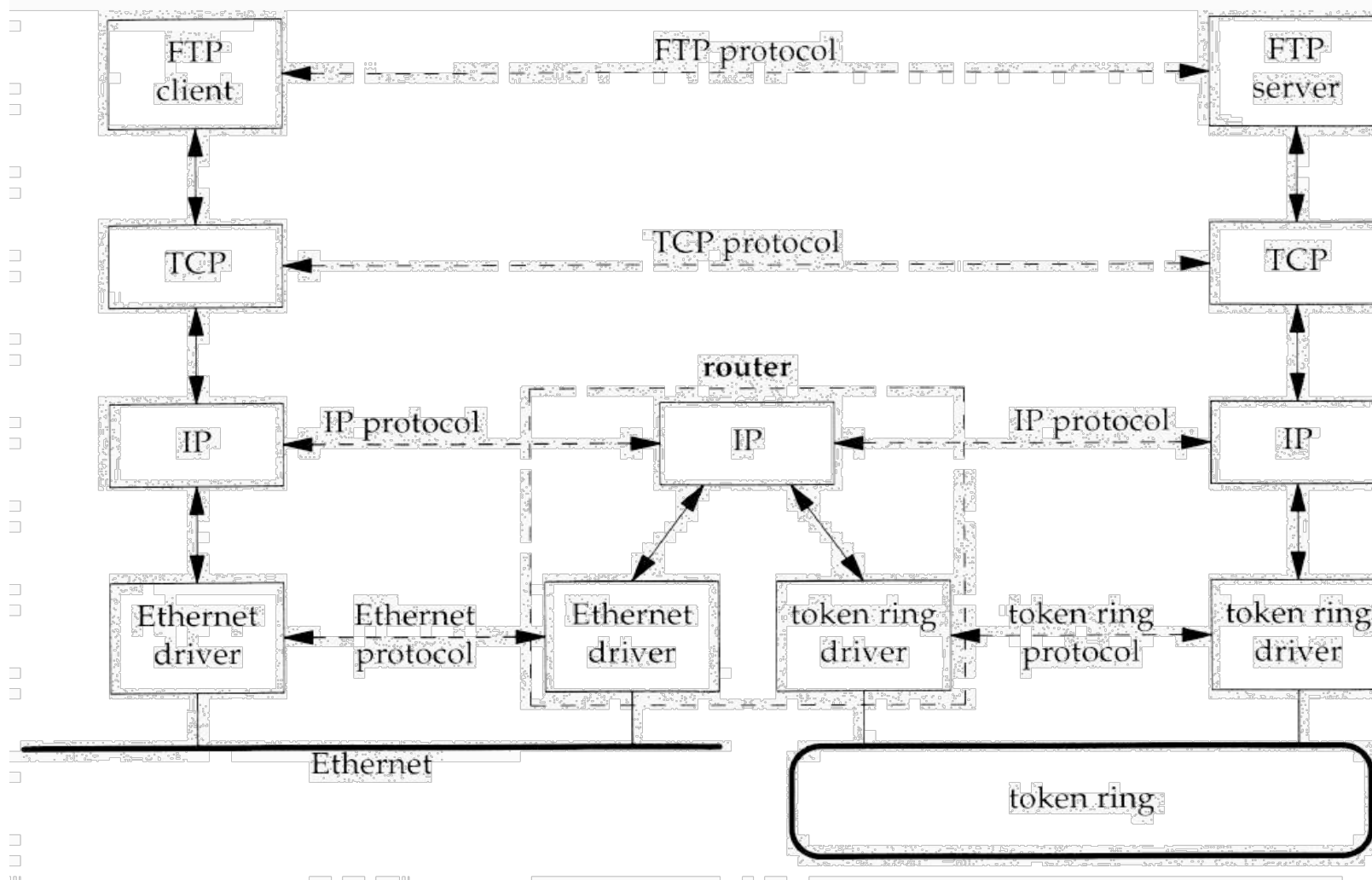
- Quality of Service (virtuelles Circuit Switching)

■ Sicherung

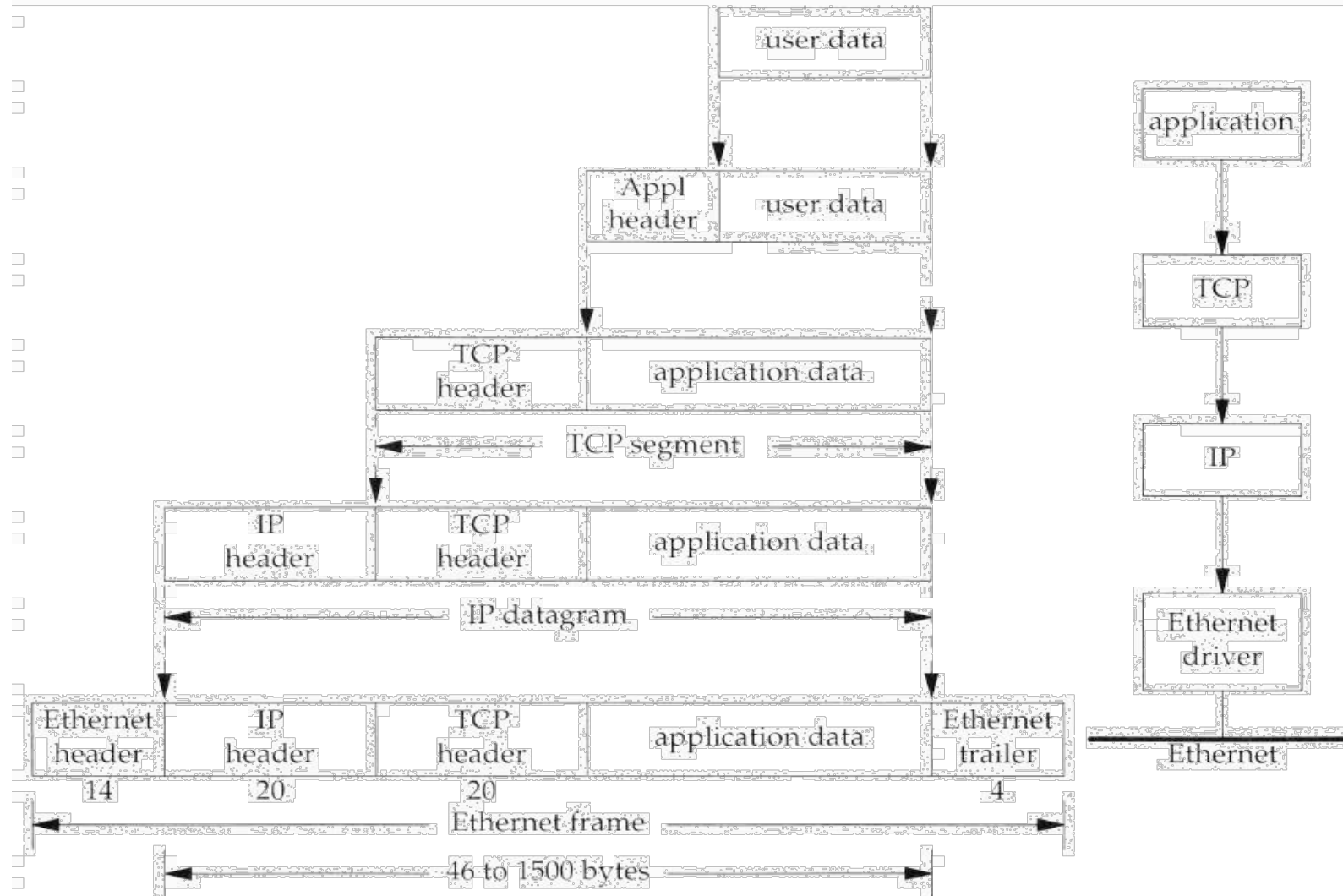
- Flusskontrolle zur Auslastung des Kanals

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

Beispiel zum Zusammenspiel

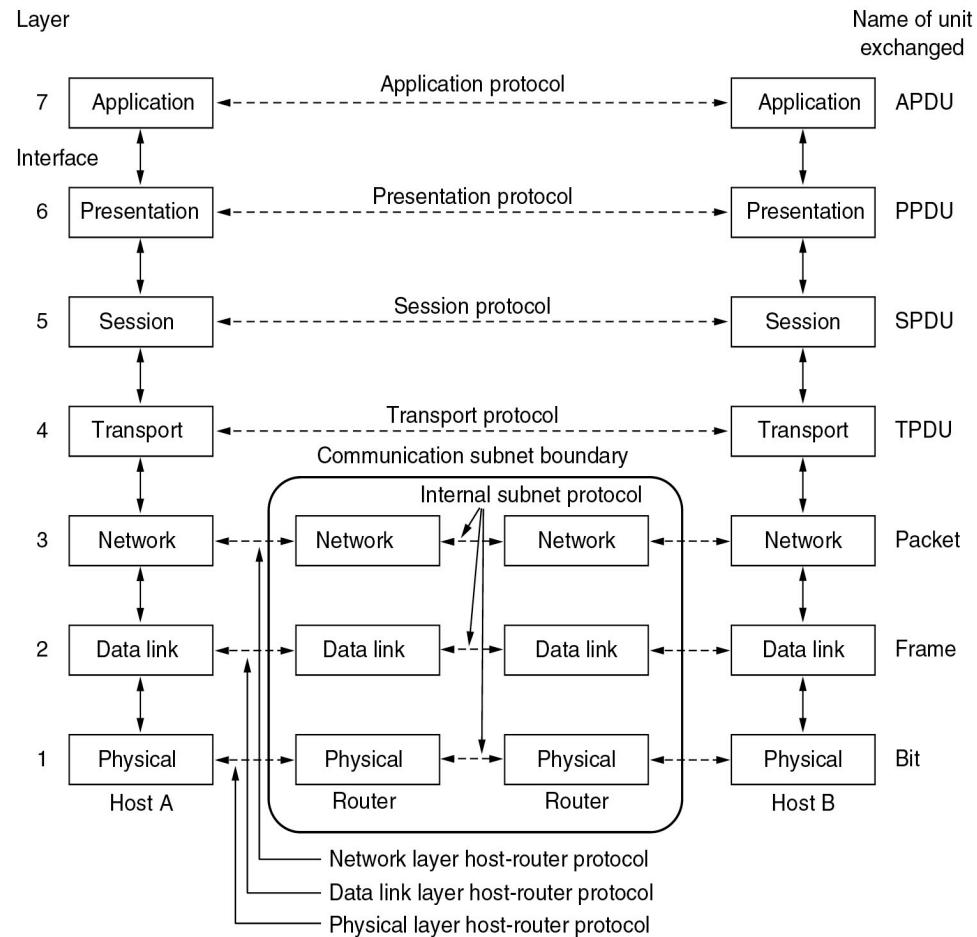


Datenkapselung

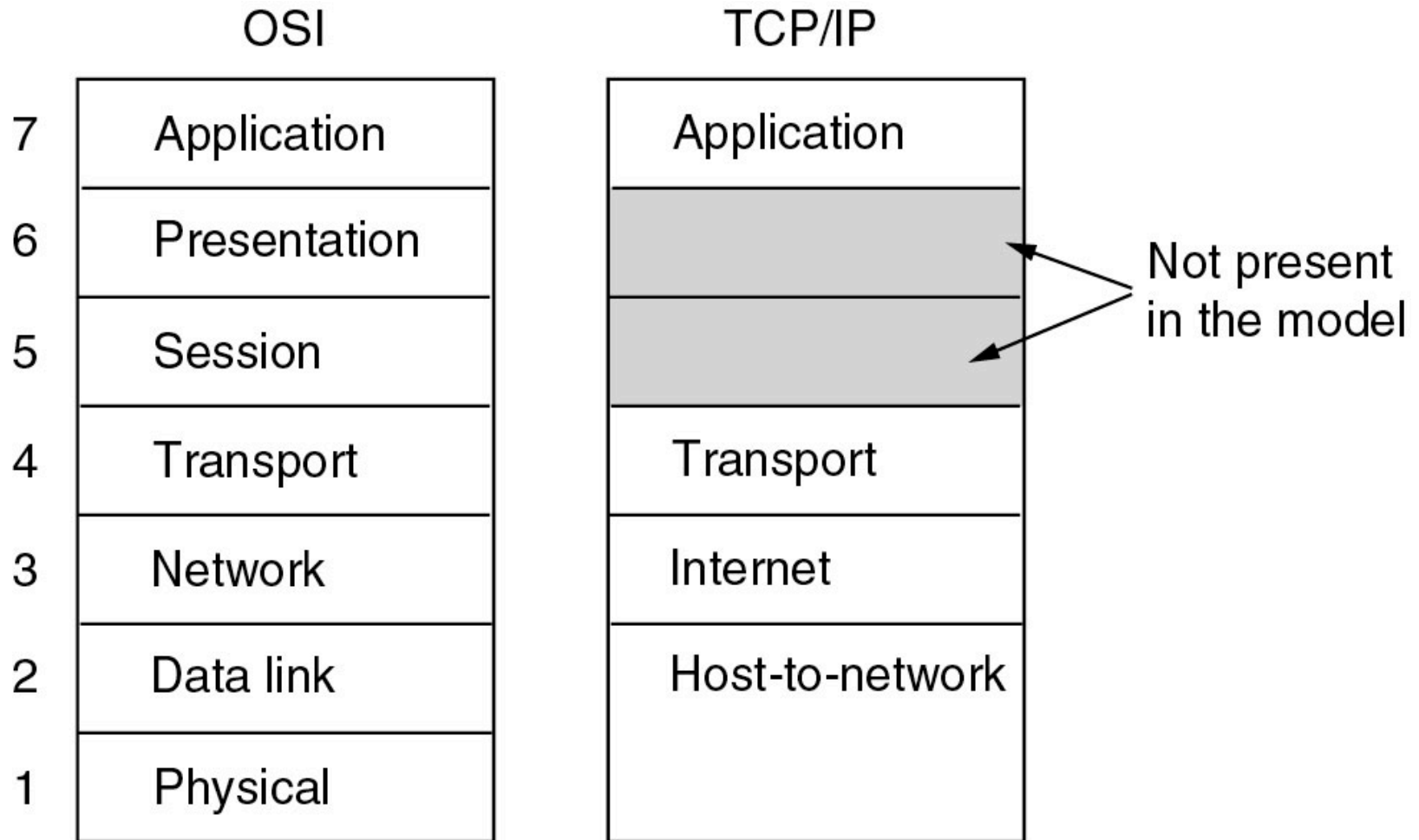


aus Stevens TCP/IP Illustrated

- 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

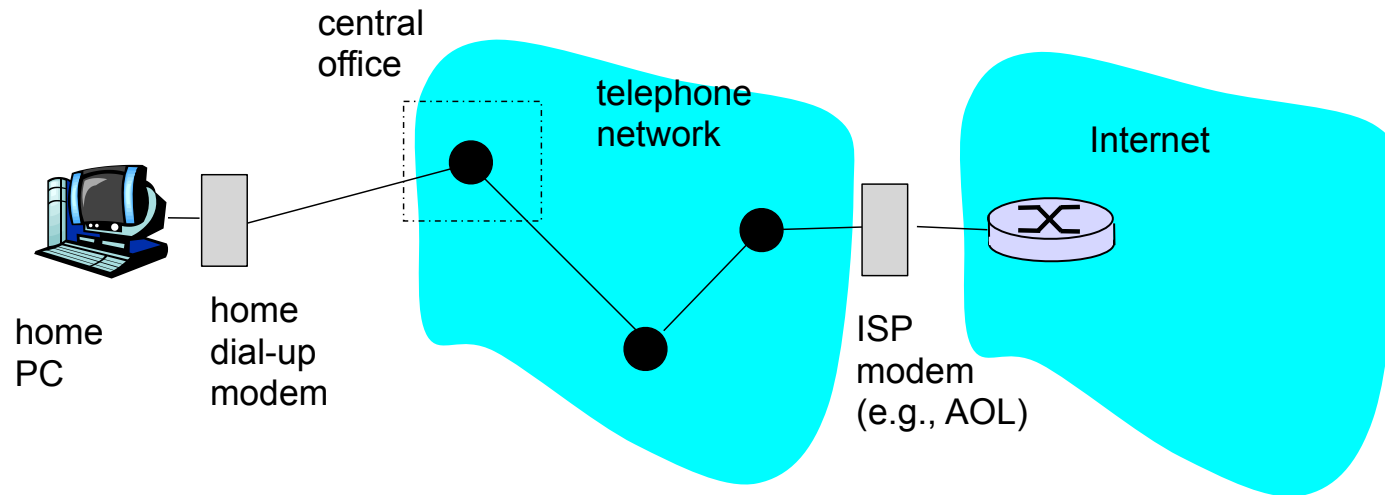


Netzwerktypen

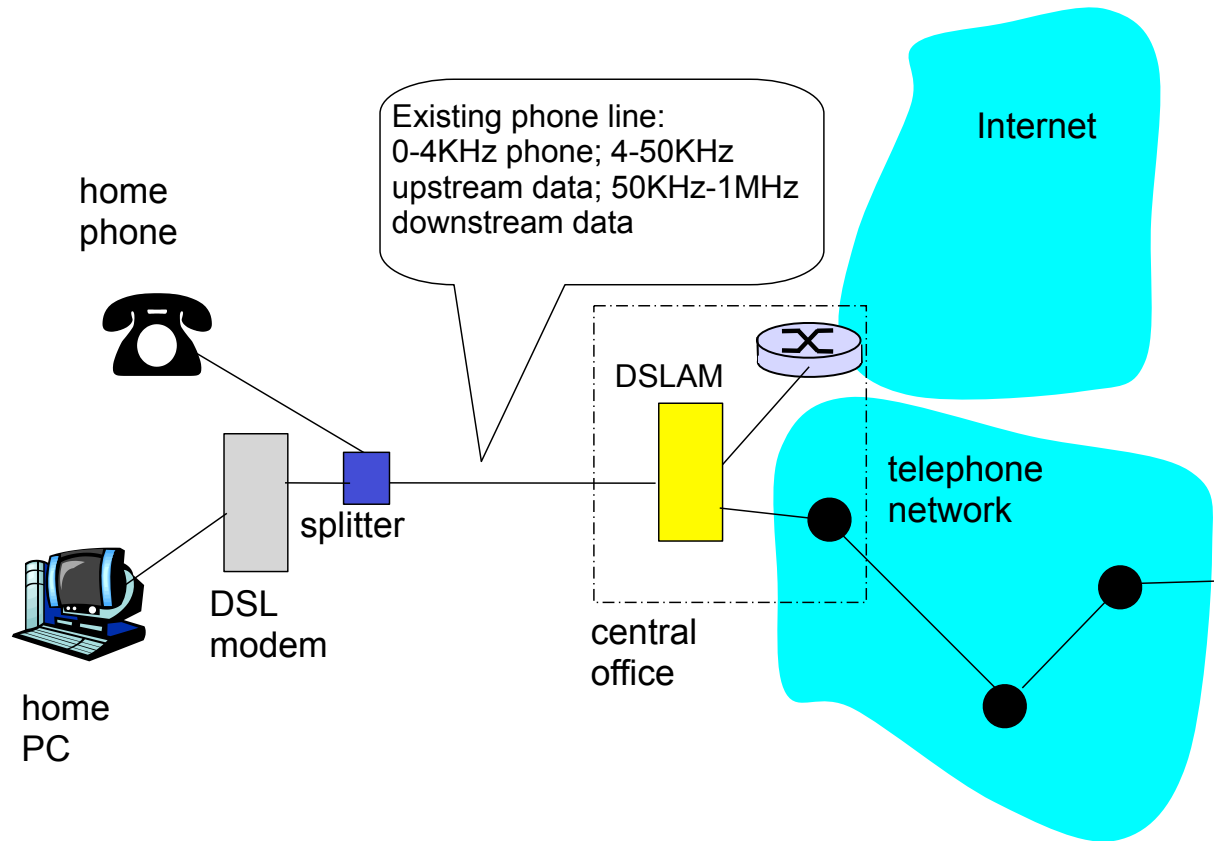
Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	
100 m	Building	
1 km	Campus	Local area network
10 km	City	
100 km	Country	Metropolitan area network
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	Wide area network
		The Internet

- 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

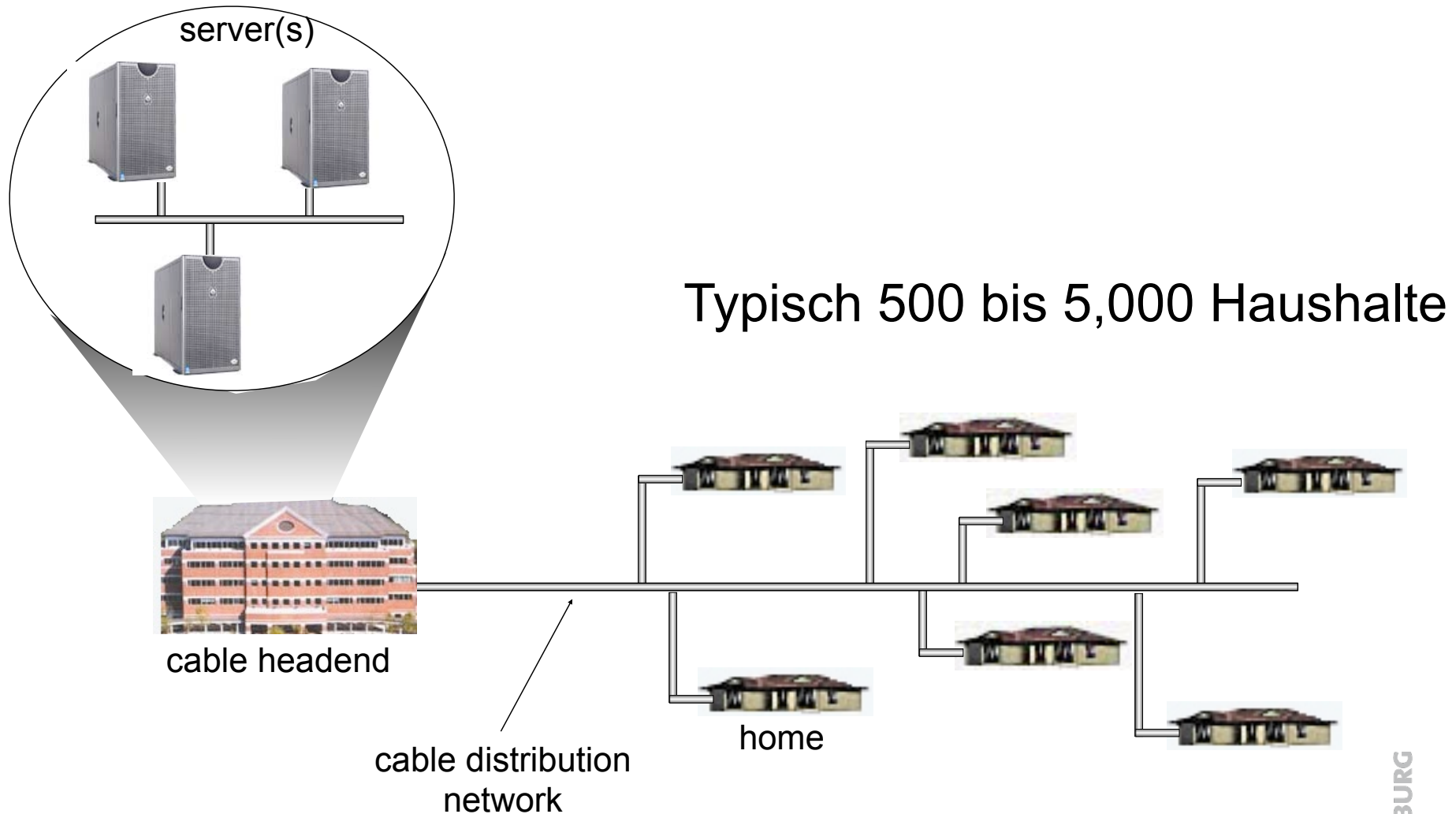


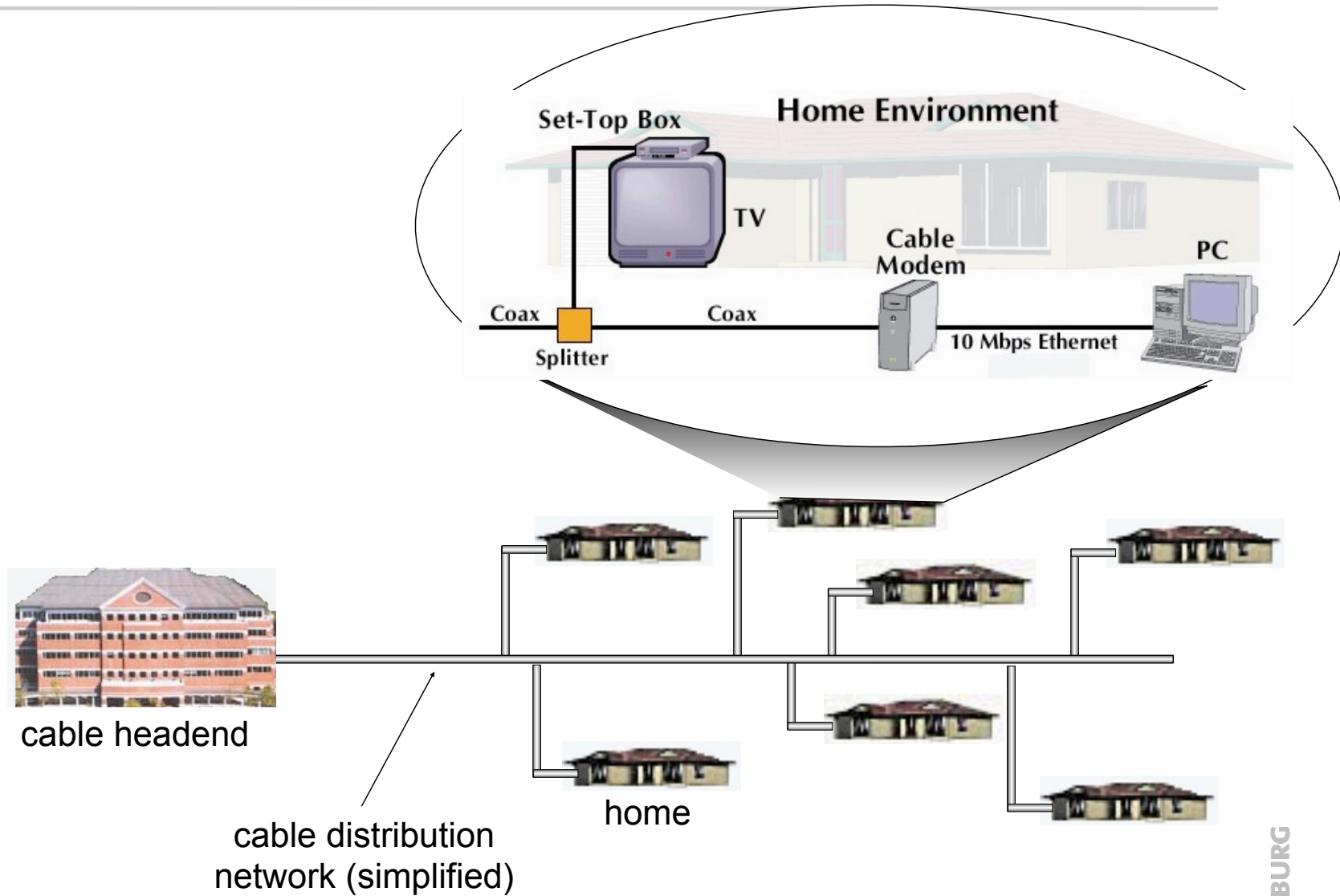
Digital Subscriber Line (DSL)

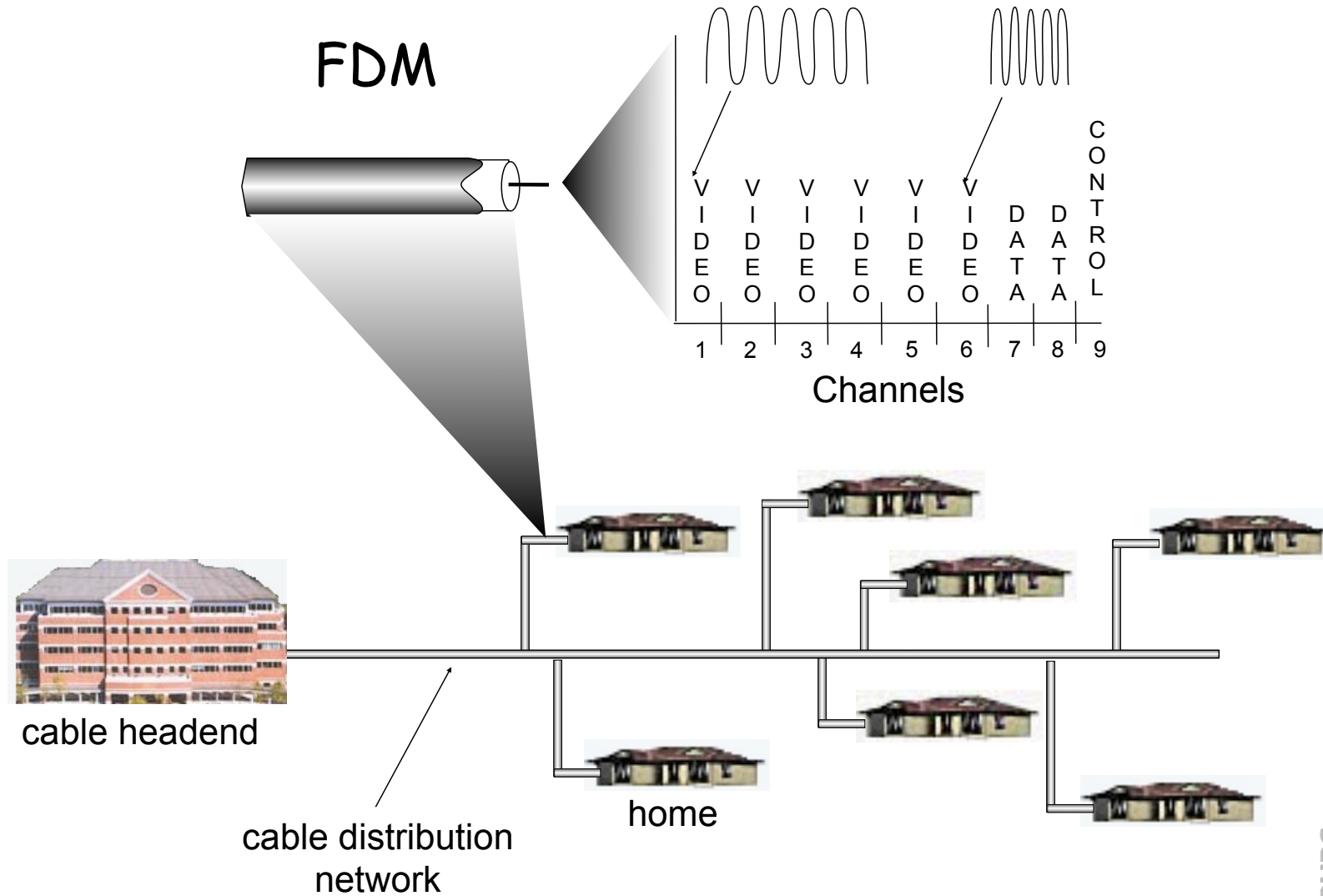


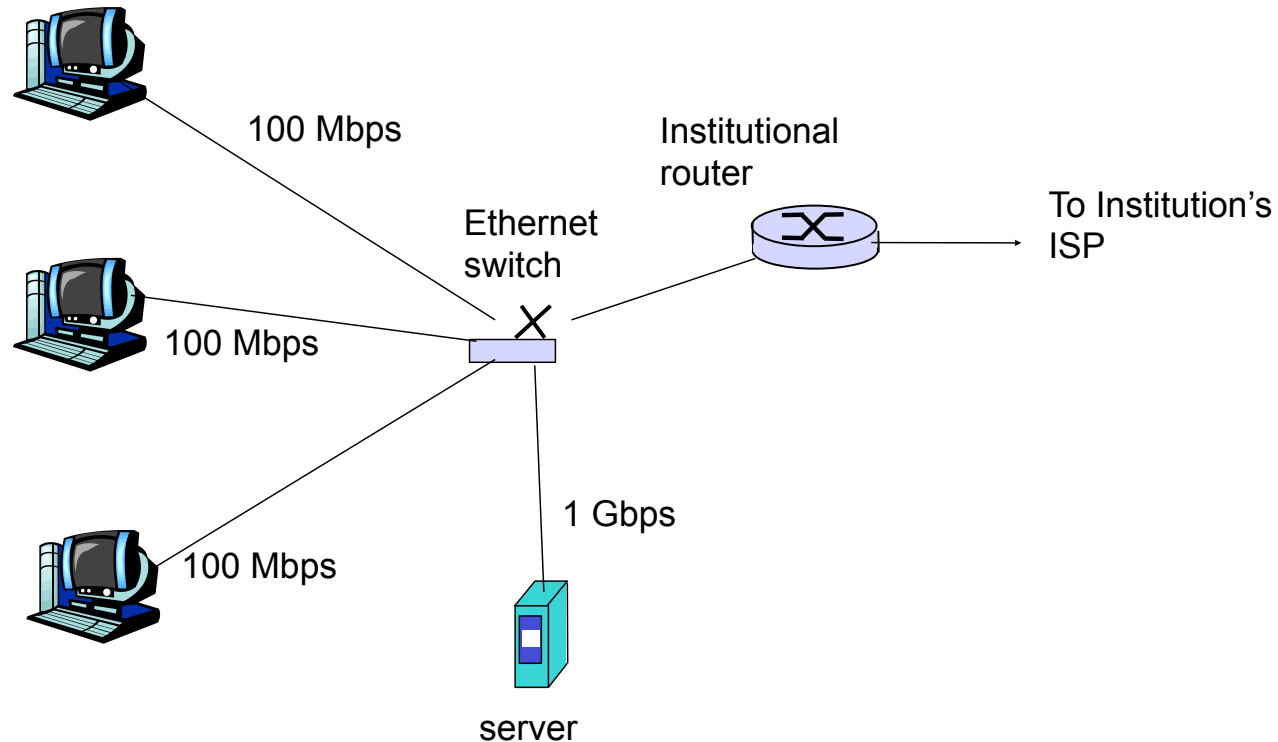
(TV) Kabel-Modems

- 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





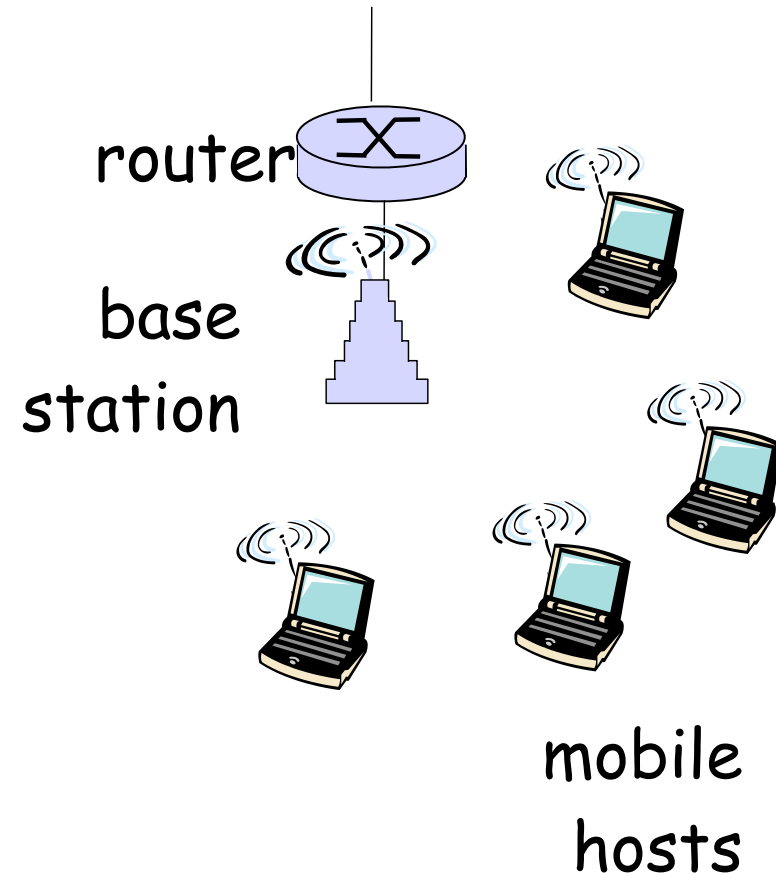




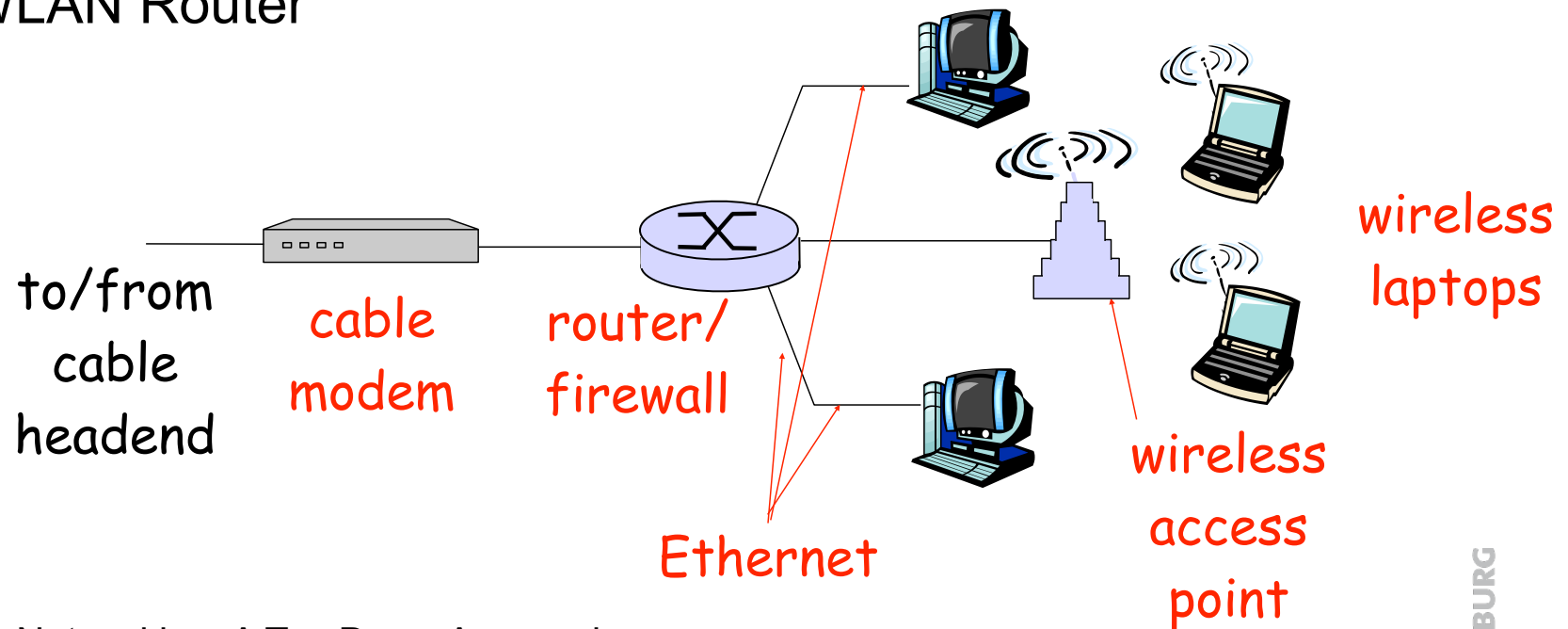
- Typisch für Firmen, Universitäten
 - 10 Mbs, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps Ethernet

- 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 (100MBit/s)
 - WiMAX (802.16)
 - USA, Japan, Korea, Russland



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





Systeme II

4. Das Internet (Version 30.05.2011)

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg