

Systeme II



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Christian Schindelhauer

Sommersemester 2007

1. Vorlesungswoche

16.04.-19.04.2007

schindel@informatik.uni-freiburg.de



Organisation

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

➤ Web-Seite

<http://cone.informatik.uni-freiburg.de/lehre/vorlesung/systeme-II-s07/>

➤ Vorlesungen

- Mittwoch, 14-16 Uhr (c.t.), Hörsaal 026, Geb. 101
- Donnerstag, 10-11 Uhr (s.t.), Hörsaal 026, Geb. 101

➤ Beginn:

- 1. Vorlesung: 18.04.2007
- 1. Übungswoche 23.-27.04.2007
- Einschreibung in die Übungsgruppen ab sofort im Forum möglich



Übungen

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

- **Eintragung in die Übungsgruppen**
 - ab sofort möglich in Forum
- **Übungen (Beginn: 24.04.2006)**
 - Anmeldung per Forum
- **Gruppe 1**
 - Dienstag, 11-12, SR 02-017, Geb. 52,
 - Johannes Wangler
- **Gruppe 2**
 - Dienstag, 12-13, SR 02-017, Geb. 52,
 - Tilman Thiry
- **Gruppe 3**
 - Dienstag, 14-15, SR 00-034, Geb. 51,
 - Juri Lichtner
- **Gruppe 4**
 - Dienstag, 15-16, SR 00-034, Geb. 51,
 - Omar Hentati
- **Gruppe 5**
 - Dienstag, 14-15, SR 00-010/14, Geb. 101,
 - Artem Remenyuk

➤ **Übungsaufgaben**

- erscheinen jeden Mittwoch auf der Webseite
- Bearbeitung freiwillig
- Abgabe bis Montag 14 Uhr
 - in Kasten in 051 Erdgeschoss
- Grundlage für mündliche Prüfung/schriftliche Klausur
- Besprechung in der Folgewoche



Prüfung

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

➤ Klausur

- Schriftlich am 20.09.2007 (10-12 Uhr)
- schriftlich oder mündlich (nach Wahl)

➤ Prüfungsanmeldung

- für die Studierenden der Studiengänge Mikrosystemtechnik und Informatik erfolgt on-line über
- http://www.informatik.uni-freiburg.de/dekpaamt/allgemeines/online_anmeldung.htm
- An- und Abmeldungen sind von 01.04.2007 bis 29.06.2007 möglich.



Medien

- **Powerpoint/PDF-Foliensätze**
 - vor der Vorlesung auf der Web-Site
- **Lecturnity-Aufzeichnung**
 - vor der Vorlesung auf der Web-Site
- **Literaturhinweise**
 - gleich und auf der Web-Site
- **Forum**
 - auf der Web-Site
 - zur Diskussion
 - zur Übungsanmeldung
 - sonstige Organisation

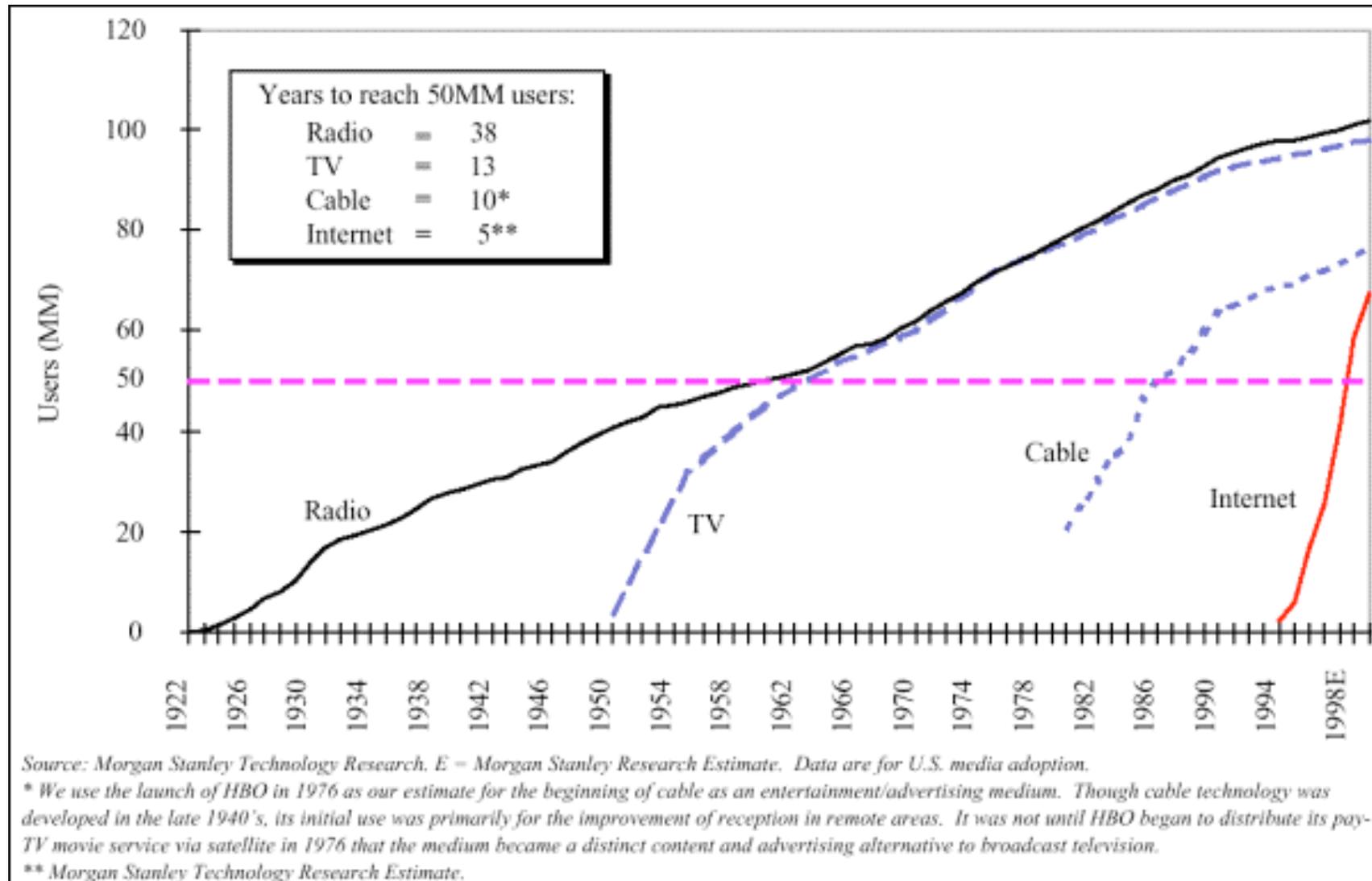


Inhalte

- 1. Einführung**
 - Literatur
 - Beispiele
 - Referenzmodelle
- 2. Bitübertragungsschicht**
 - Physical Layer
- 3. Sicherungsschicht**
 - Data Link Layer
- 4. Mediumzugriffs-Steuerung**
 - Medium Access Control Sub-Layer - MAC
- 5. Vermittlungsschicht**
 - Network Layer
- 6. Transportschicht**
 - Transport Layer
- 7. Anwendungsschicht**
 - Application Layer
- 8. Sicherheit in Netzwerken**



Motivation



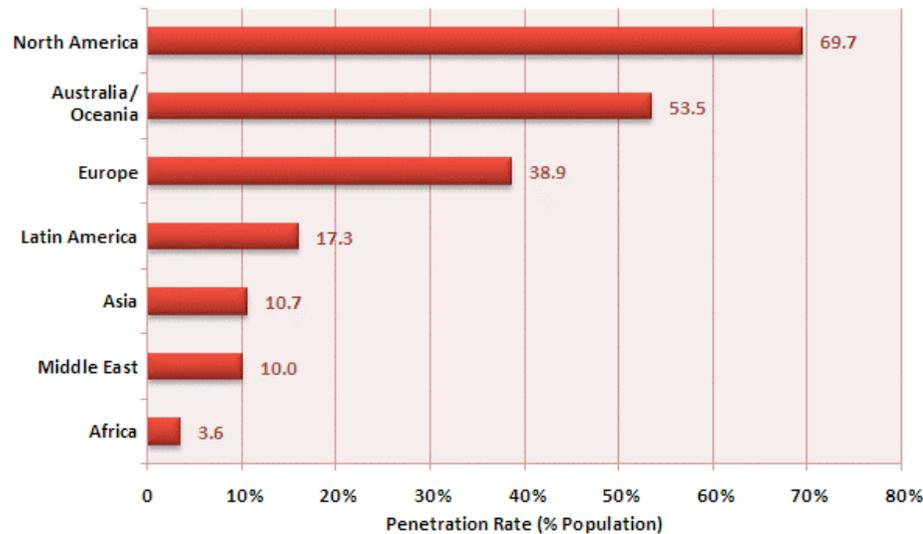


Internet 2007

www.internetworldstats.com

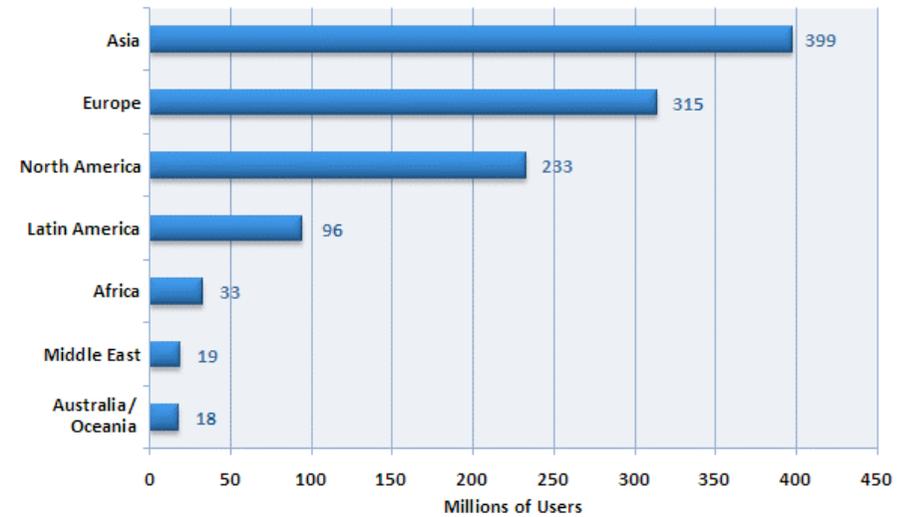
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

Internet Penetration by World Region



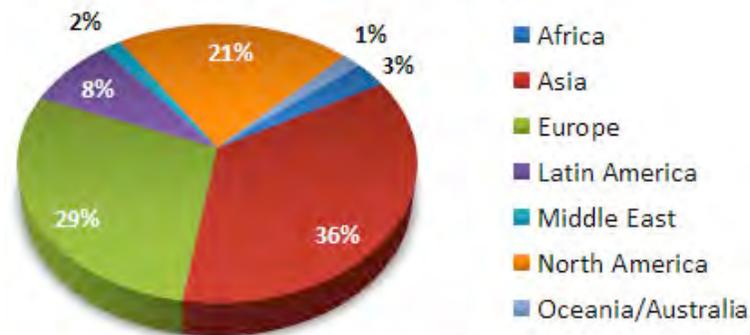
Copyright © www.internetworldstats.com - Mar 19, 2007

Internet Users by World Region



Copyright © www.internetworldstats.com - Mar 19, 2007

World Internet Users



Copyright © 2007, www.internetworldstats.com



Beispiele für Rechnernetze

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

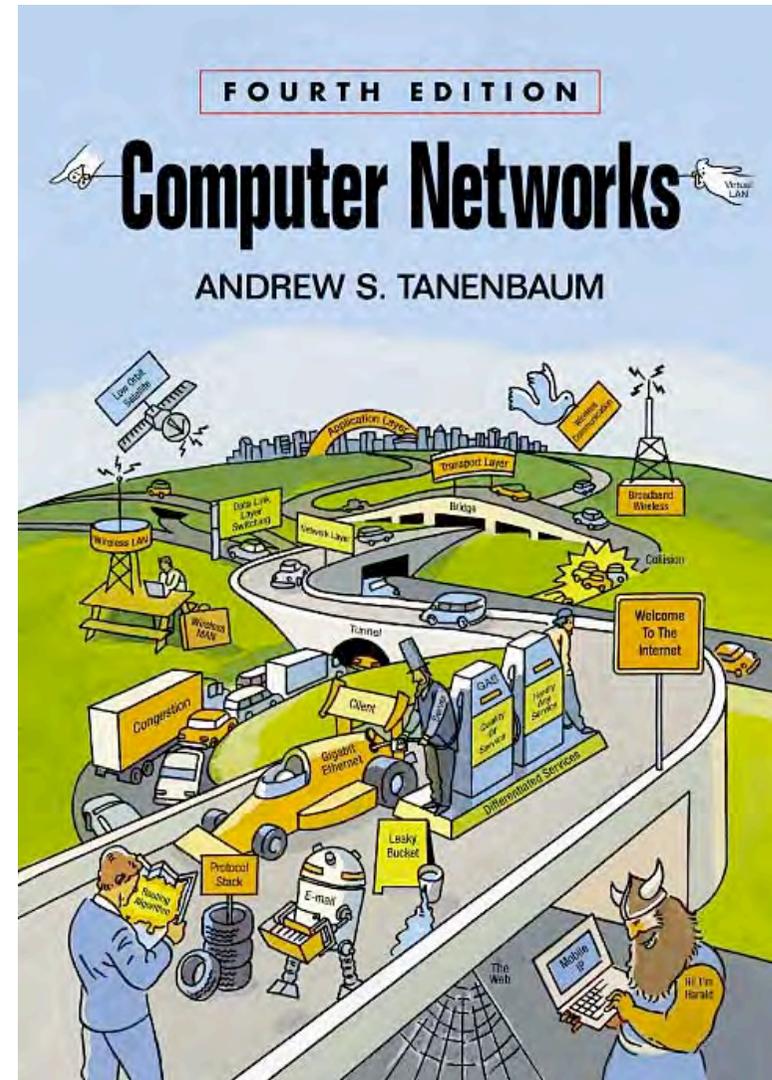


Literatur (I)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

➤ Das Buch zur Vorlesung

- Computer Networks, Andrew S. Tanenbaum (Prentice Hall)
- auf Deutsch: Computernetzwerke (Taschenbuch)
- Preis: 49,95 Euro



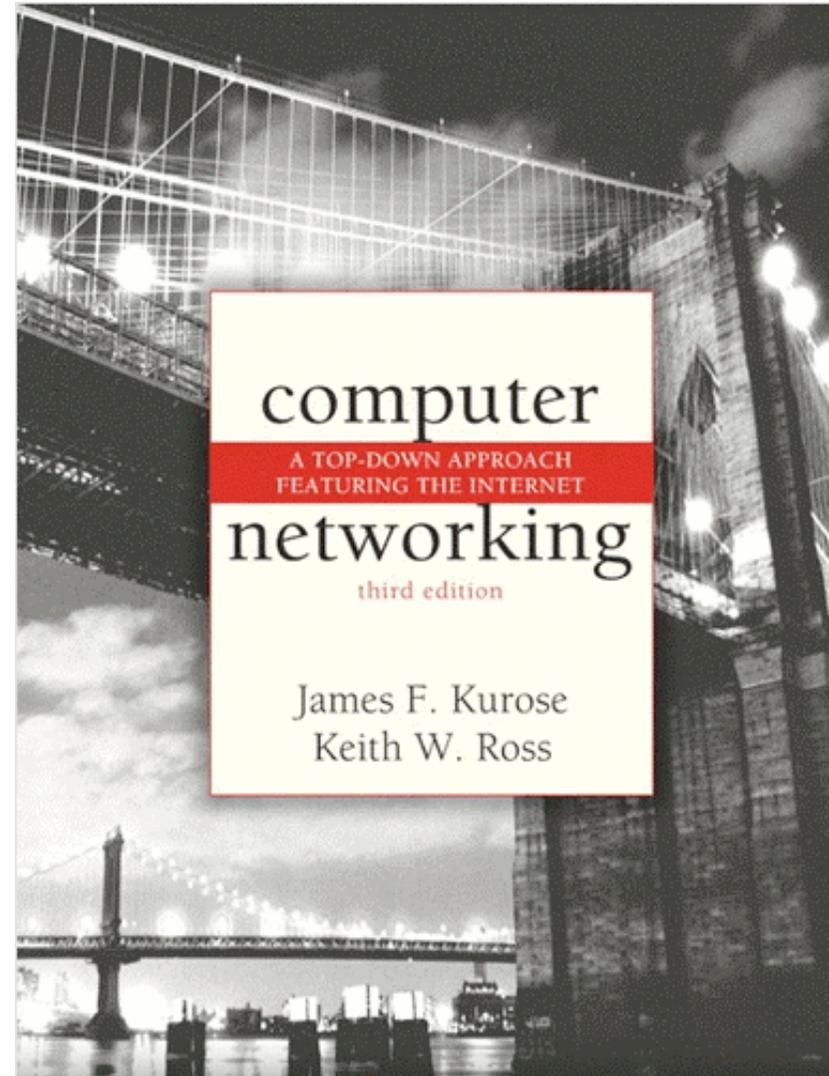


Literatur (II)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

➤ **Das Buch Nr. 2 zur Vorlesung:**

- Computer Networking - A Top-Down Approach Featuring the Internet, James F. Kurose, Keith W. Ross, Prentice Hall
- Preis: 97,85 US\$



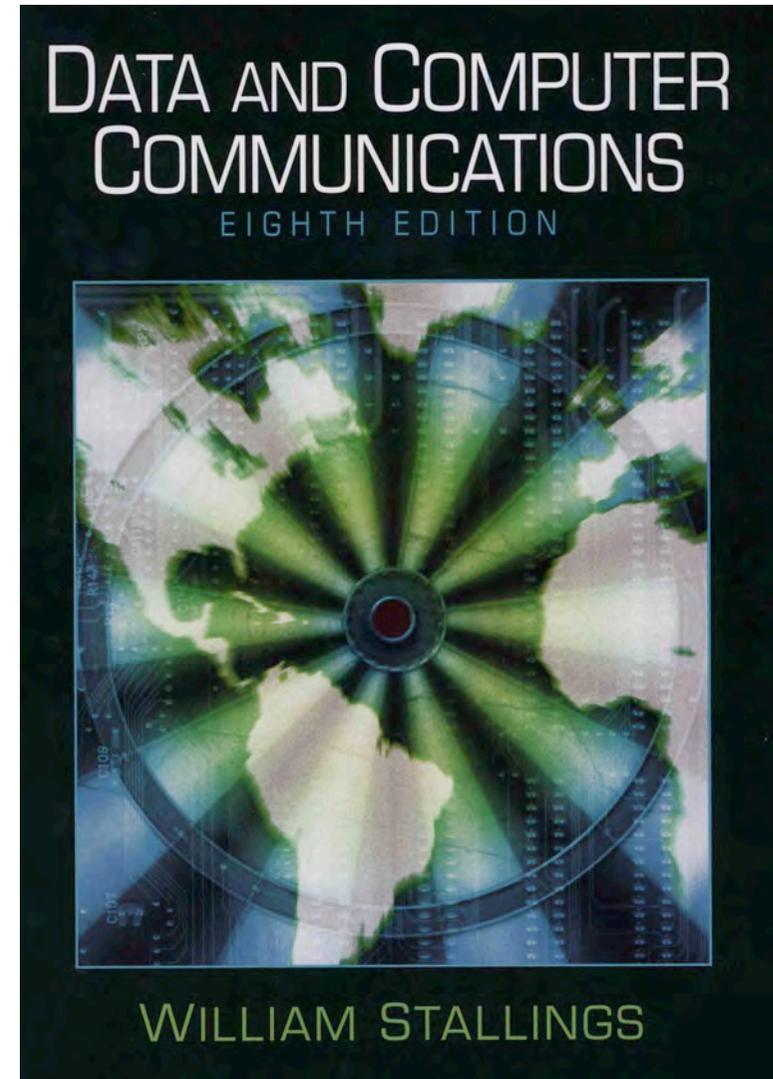


Literatur (III)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

➤ **Buch Nr. 3:**

- Data and computer Communications
- William Stallings
- Pearsons, Prentice-Hall, 2007
- 76,99 Euro



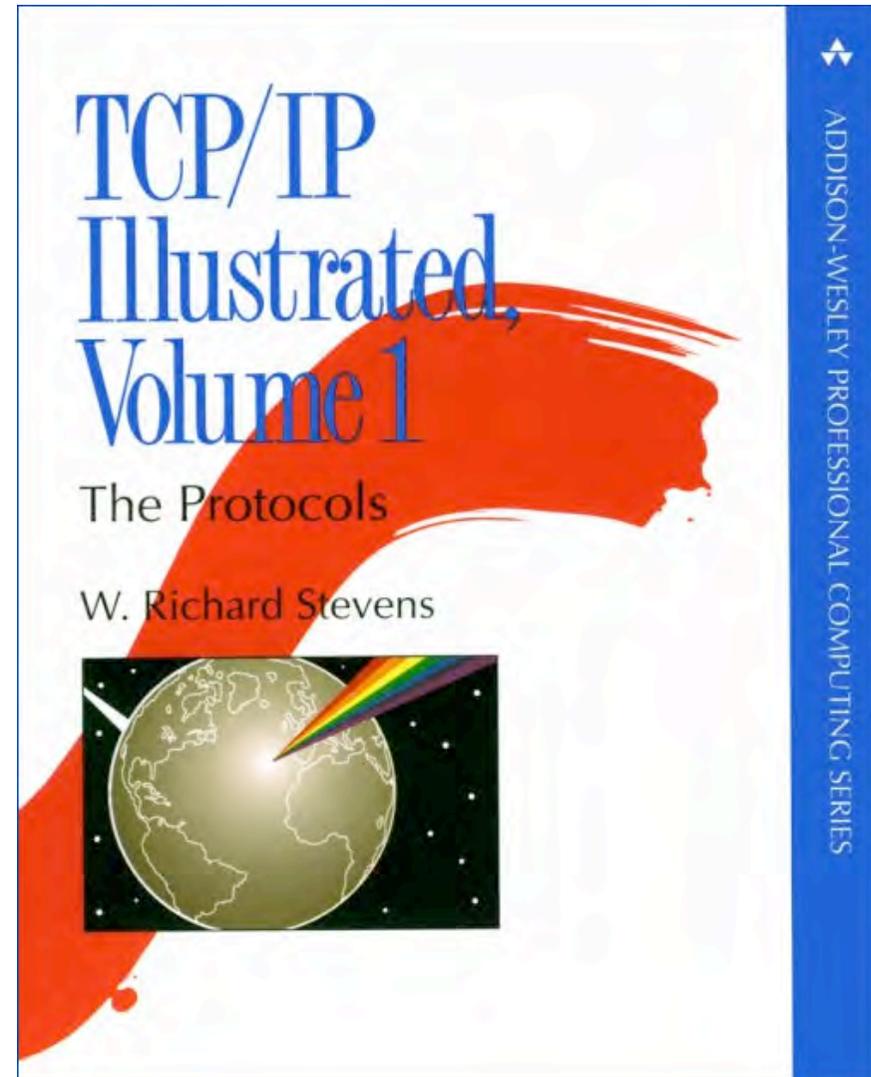


Literatur (IV)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

➤ **Zur Vertiefung:**

- TCP/IP Illustrated, Volume - The Protocols, W. Richard Stevens, Addison-Wesley

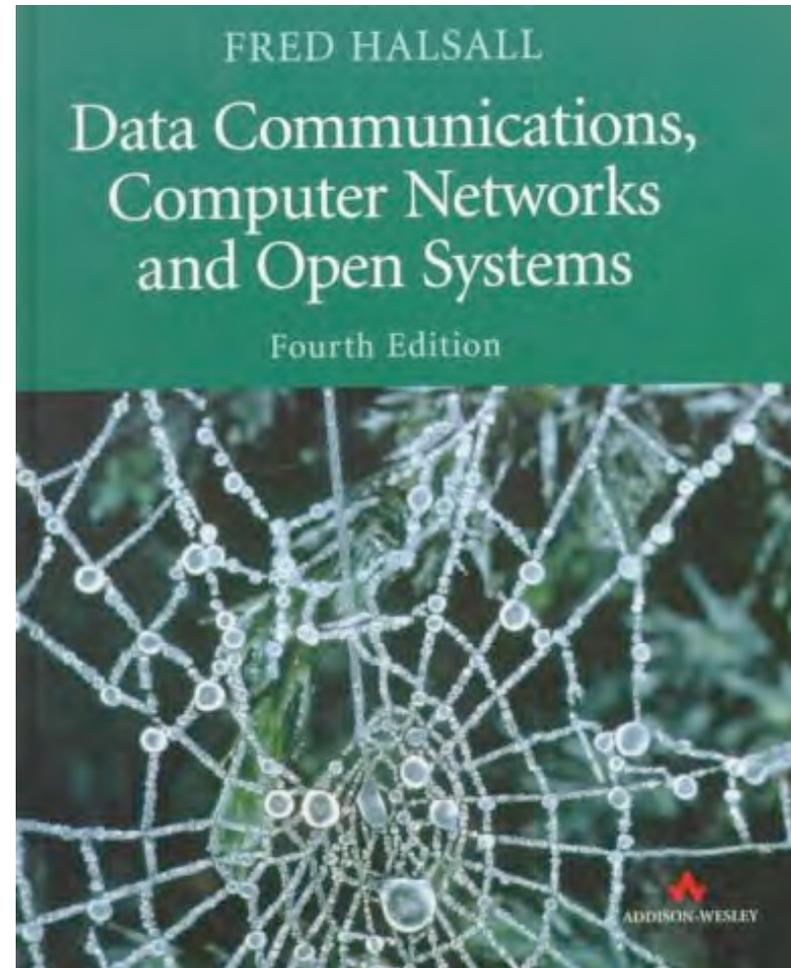




Literatur (V)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

- **Fred Halsal, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley, 1995**





Das Internet

- **ist das weltweite, offene WAN (wide area network)**

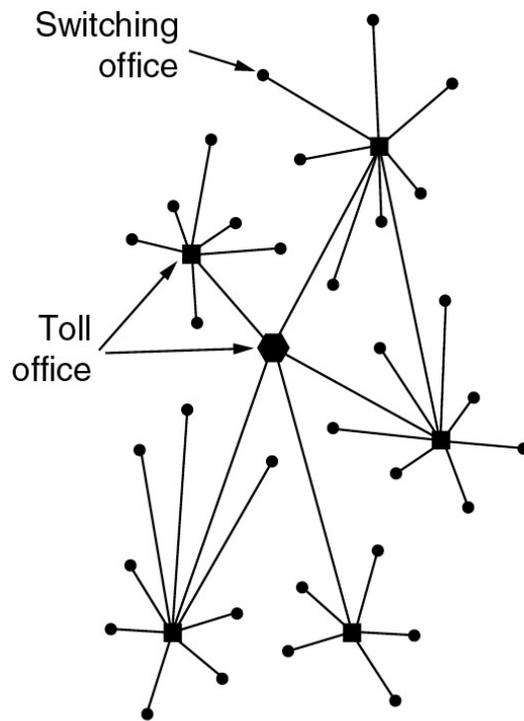
- **ist systemunabhängig**
- **verbindet LANs (local area networks)**
- **hat keine zentrale Kontrolle**

- **ist nicht das World Wide Web (WWW)**



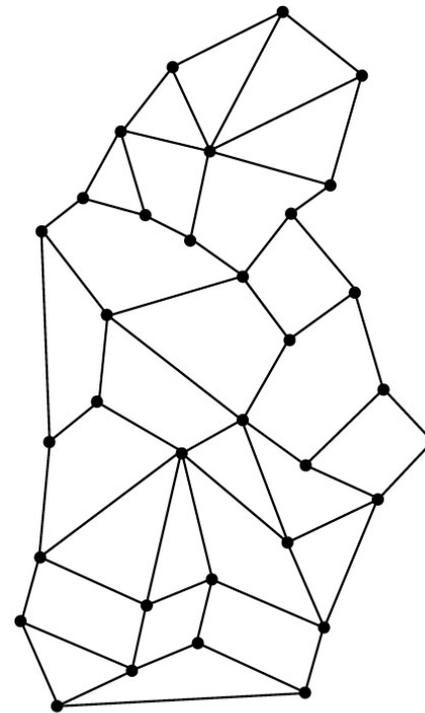
Struktur-Vergleich

Hierarchisches Telefon-Netzwerk



(a)

Idee des Internets



(b)



Netzwerk offen für alle Architekturen

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

➤ 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



Die Geschichte des Internets

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

➤ 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

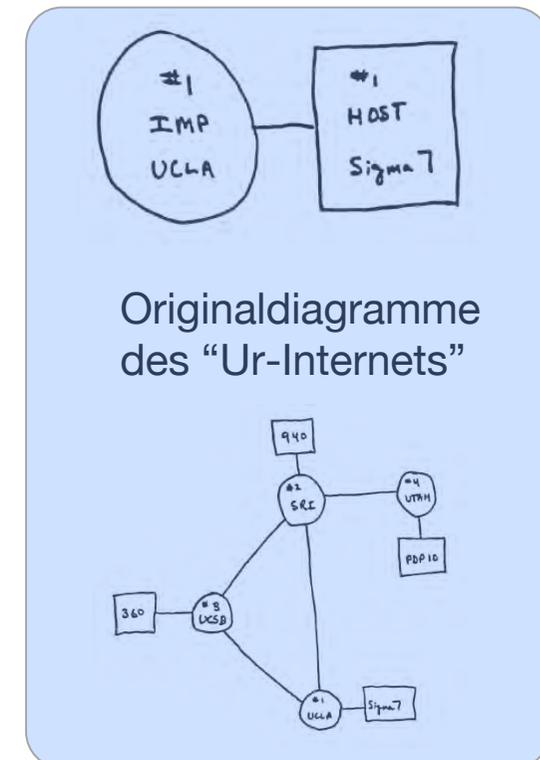
➤ 1967: Konzept des “ARPANET”

– Entwurfspapier von Larry Roberts

➤ 1969: Erster Knoten im “ARPANET”

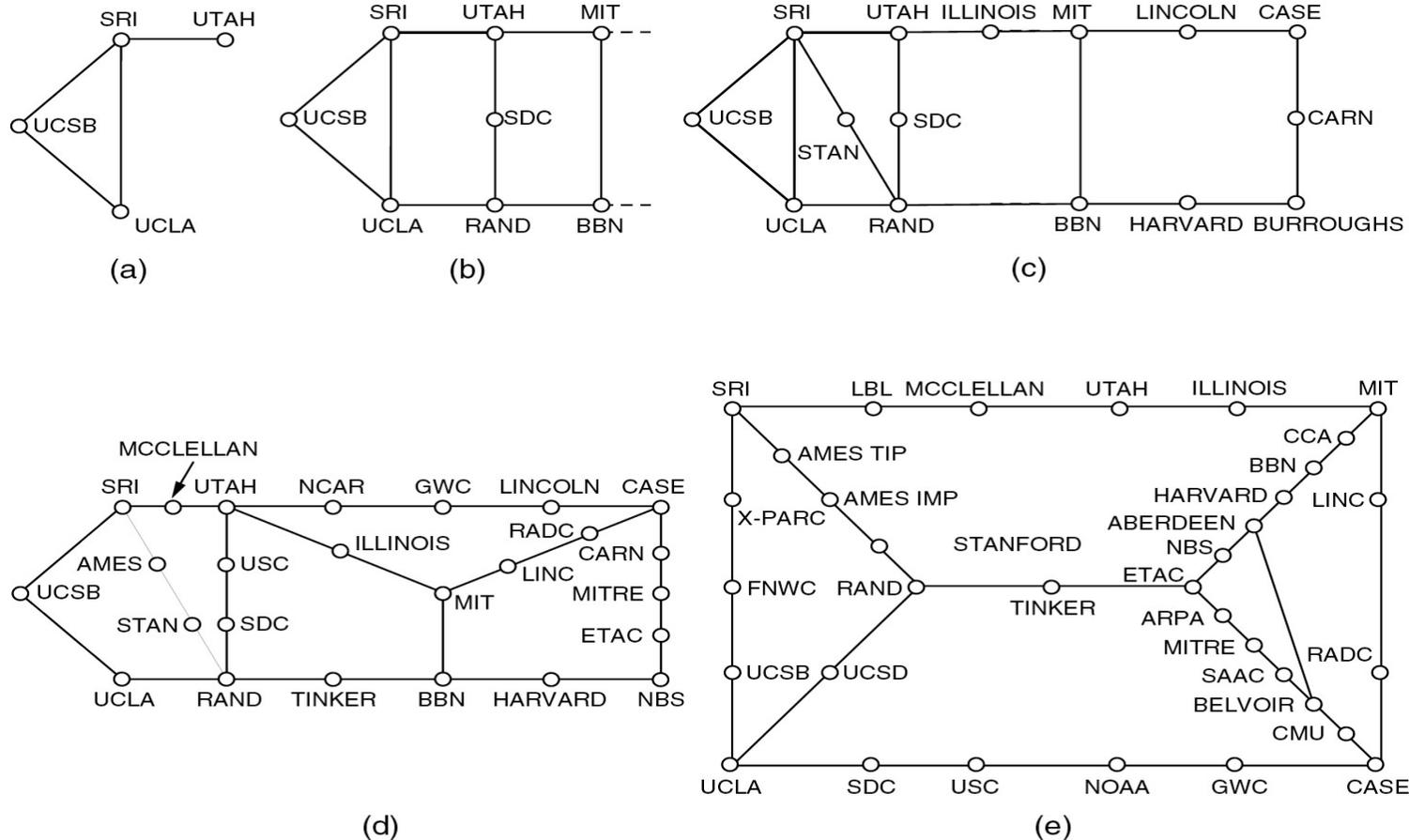
– an der UCLA (Los Angeles)

– Ende 1969: vier Rechner verbunden





Das ARPANET

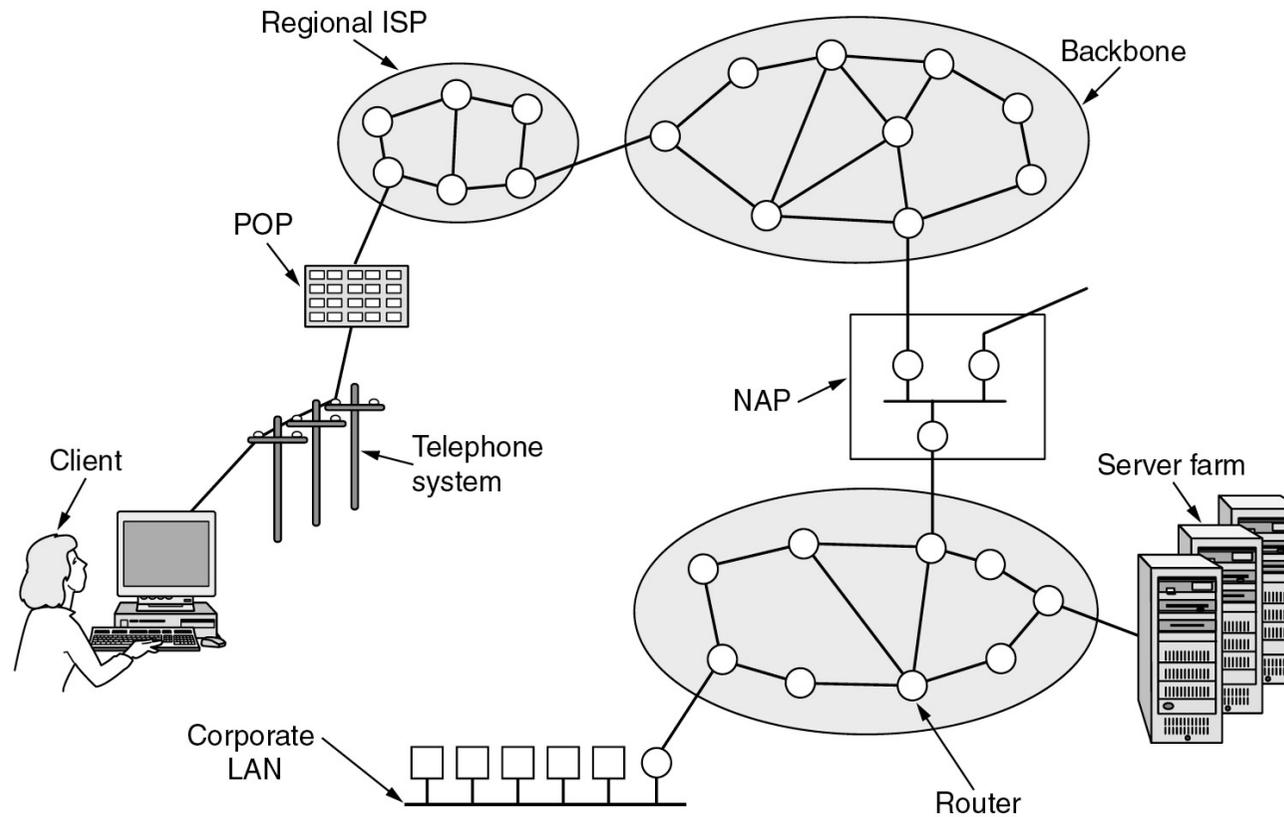


**Wachstum ARPANET (a) Dezember 1969. (b) Juli 1970.
(c) März 1971. (d) April 1972. (e) September 1972.**



Architektur des Internet

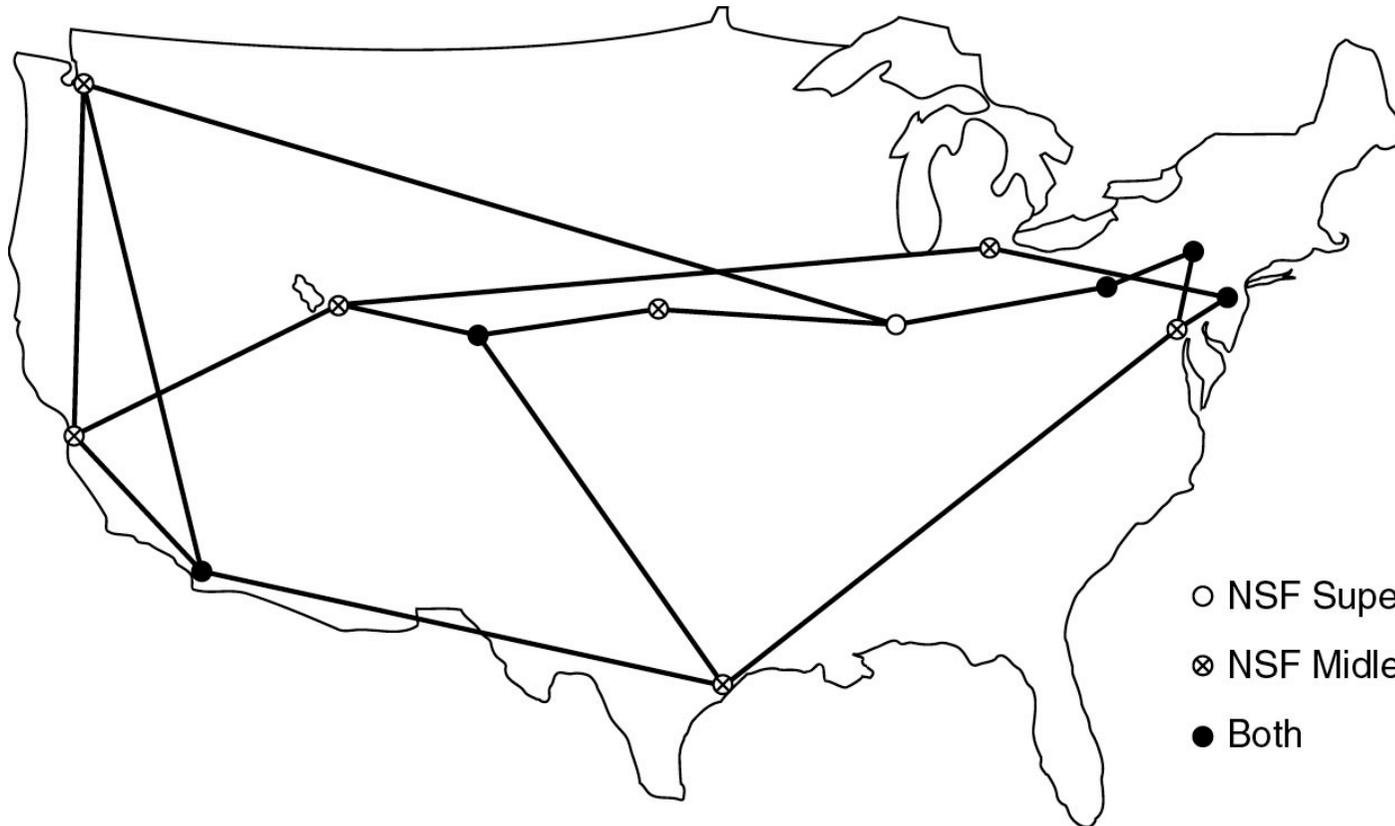
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer





NSFNET 1988

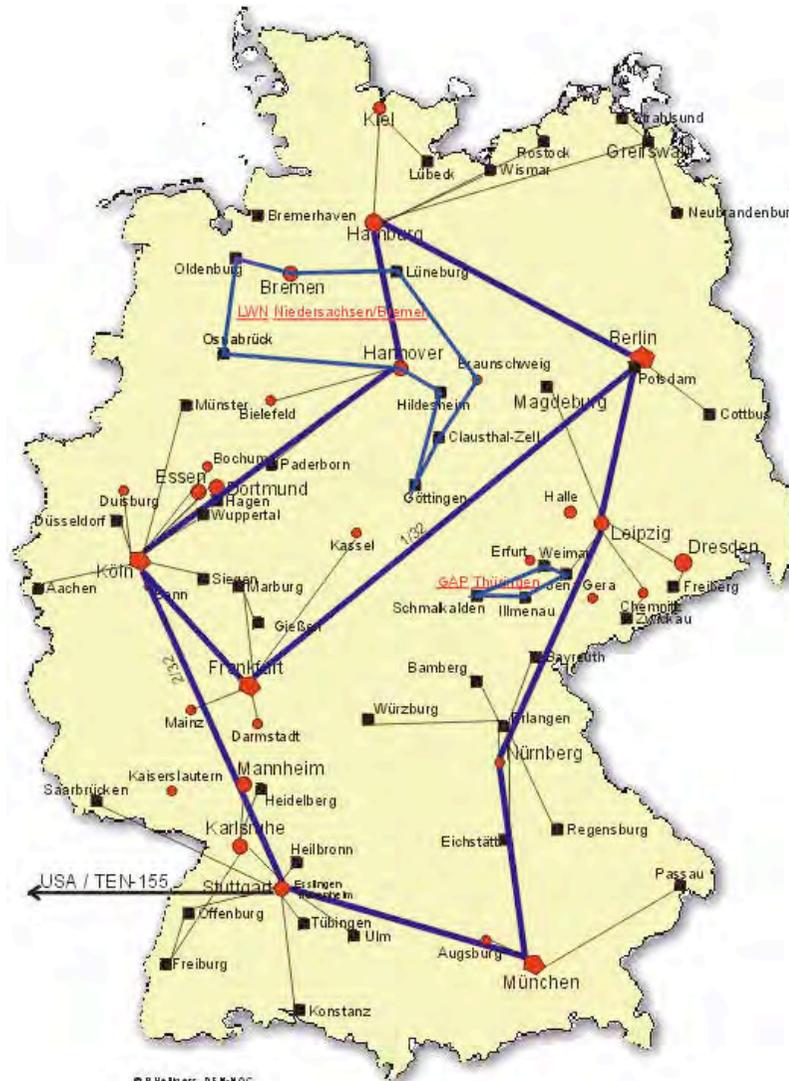
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer





Das Deutsche Forschungsnetz (2000)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

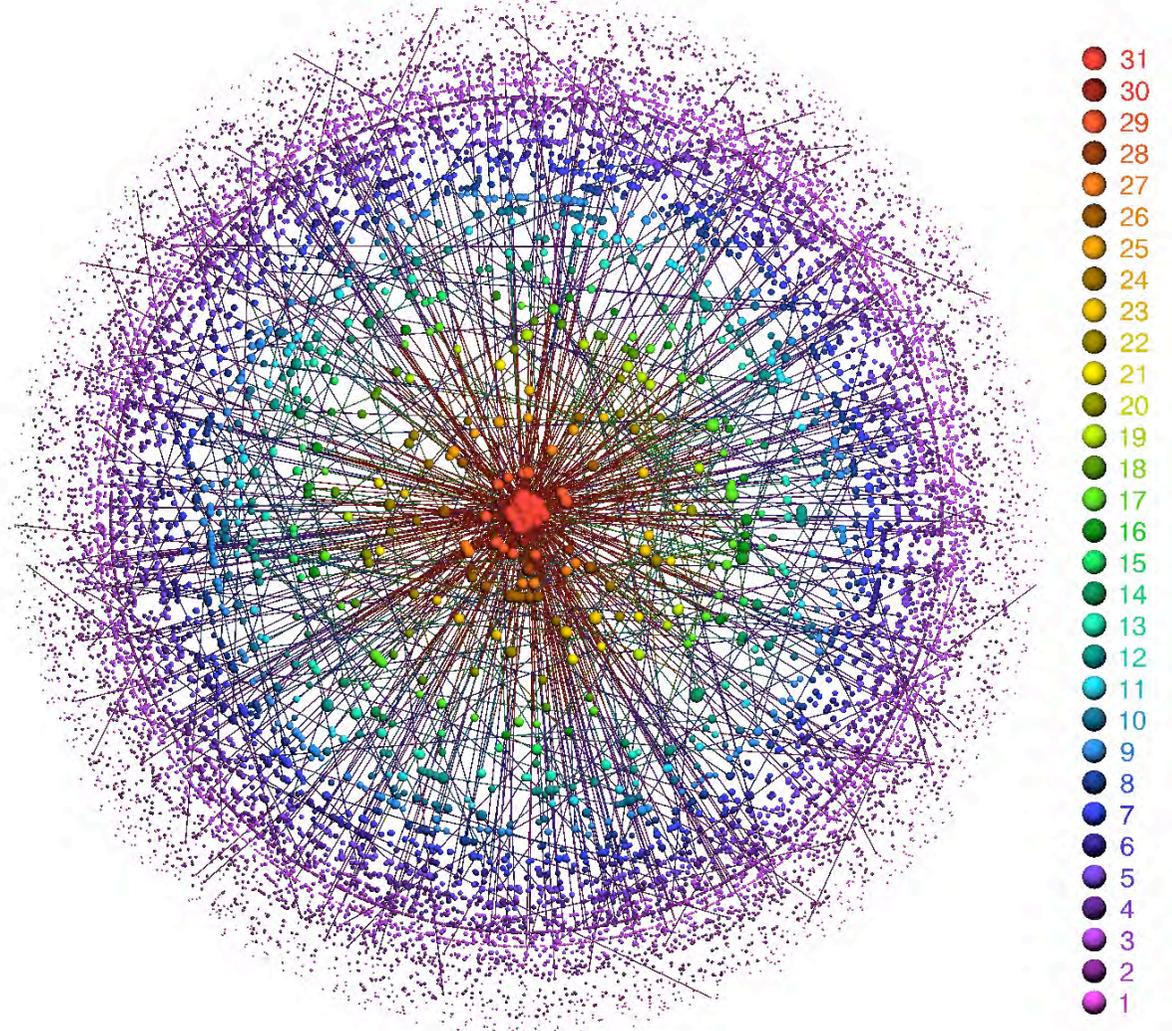




Das Internet 2006 Autonome Systeme

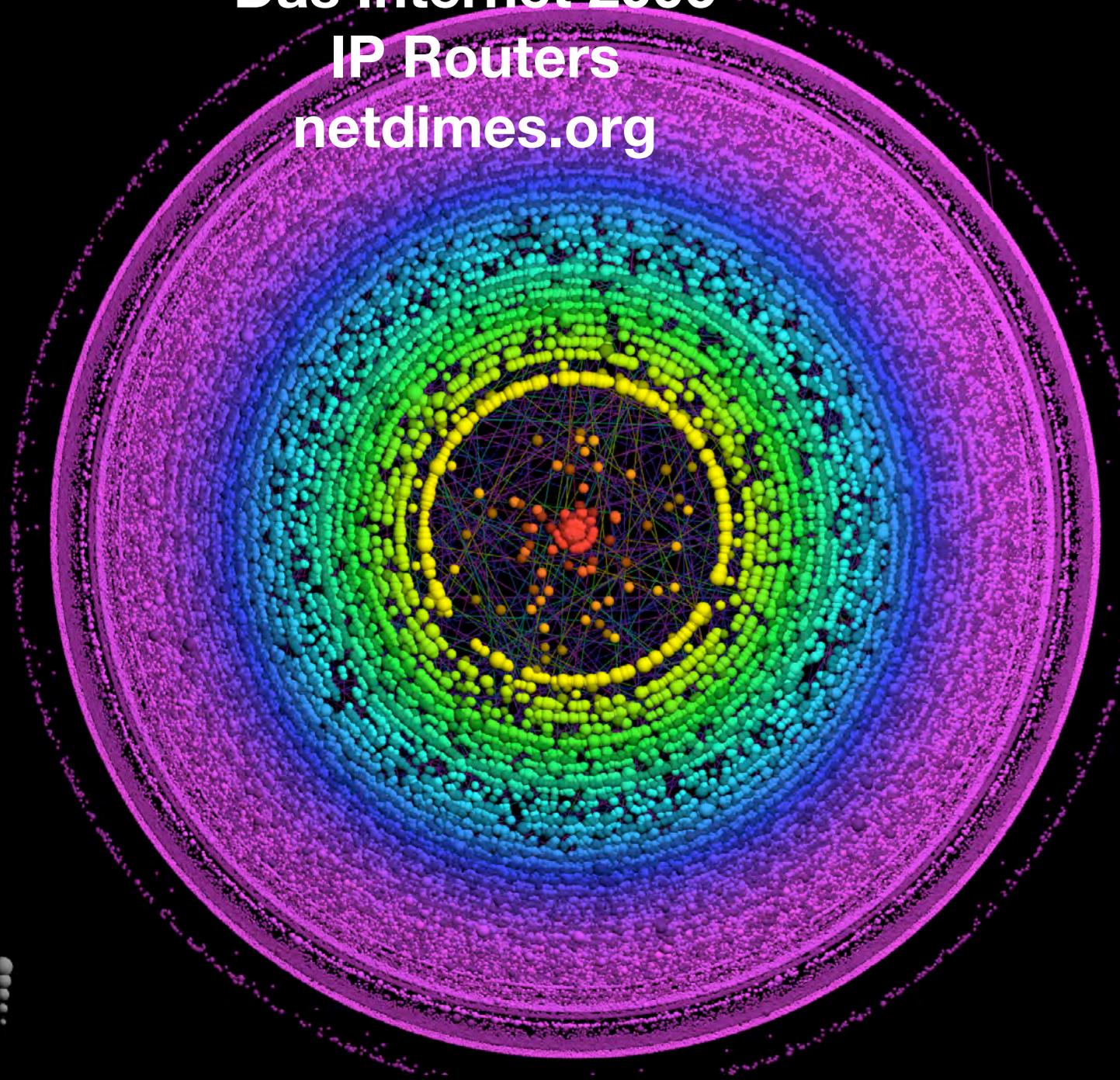
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Quelle:
netdimes.org



Das Internet 2006

IP Routers
netdimes.org



- 71
- 70
- 69
- 68
- 67
- 66
- 65
- 64
- 63
- 62
- 61
- 60
- 59
- 58
- 57
- 56
- 55
- 54
- 53
- 52
- 51
- 50
- 49
- 48
- 47
- 46
- 45
- 44
- 43
- 42
- 41
- 40
- 39
- 38
- 37
- 36
- 35
- 34
- 33
- 32
- 31
- 30
- 29
- 28
- 27
- 26
- 25
- 24
- 23
- 22
- 21
- 20
- 19
- 18
- 17
- 16
- 15
- 14
- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

100000
50000
25000
12500
6250





Die Schichtung des Internets - TCP/IP-Layer

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

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.)



TCP/IP-Schichtenmodell

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

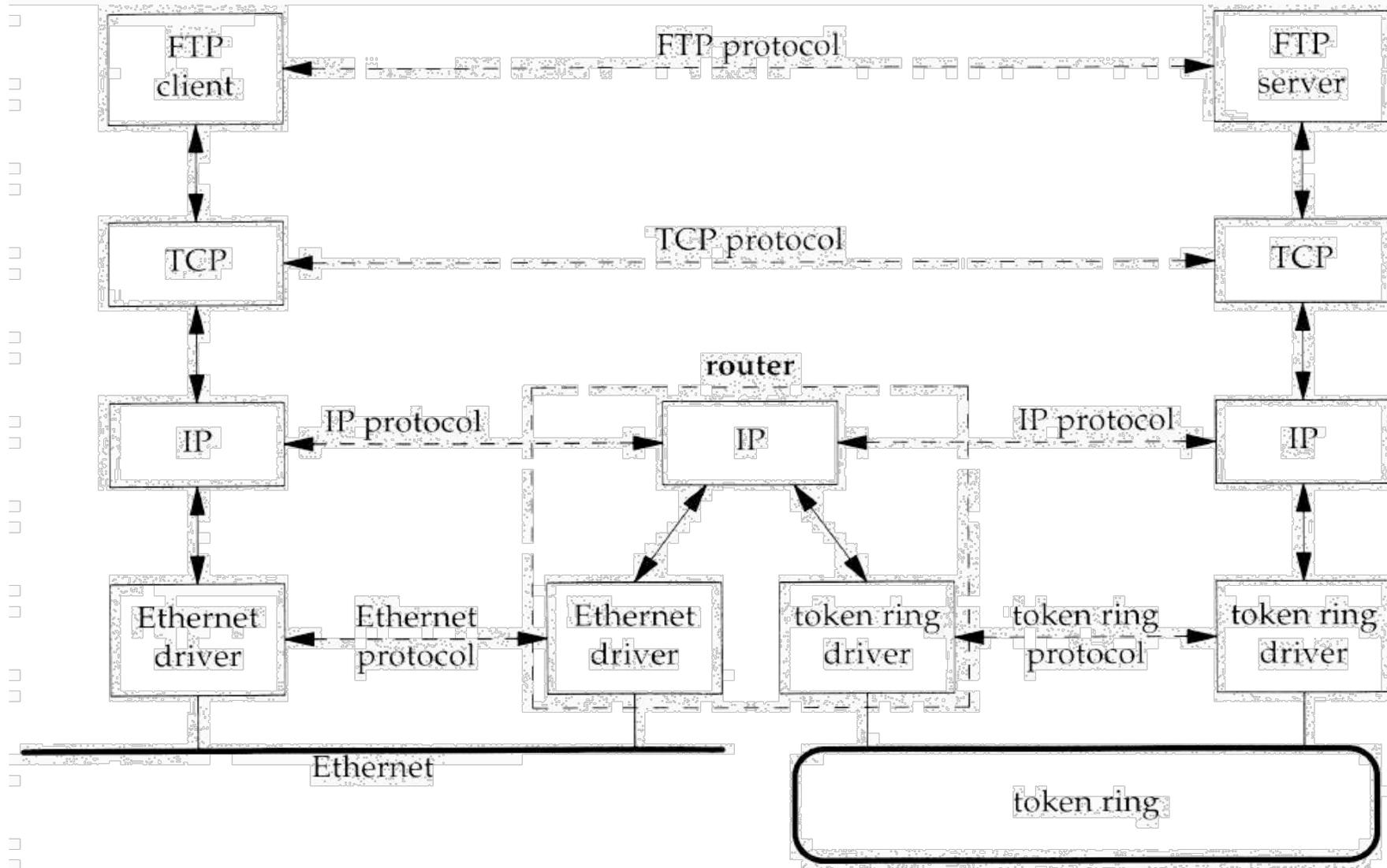
- TCP (Transport Control Protocol)
 - zuverlässiger bidirektionaler Byte-Strom-Übertragungsdienst
 - Fragmentierung, Flusskontrolle, Multiplexing
- UDP (User Datagram Protocol)
 - Paketübergabe an IP
 - unzuverlässig, keine Flusskontrolle

4. Anwendungsschicht

- zahlreiche Dienste wie TELNET, FTP, SMTP, HTTP, NNTP (für DNS), ...

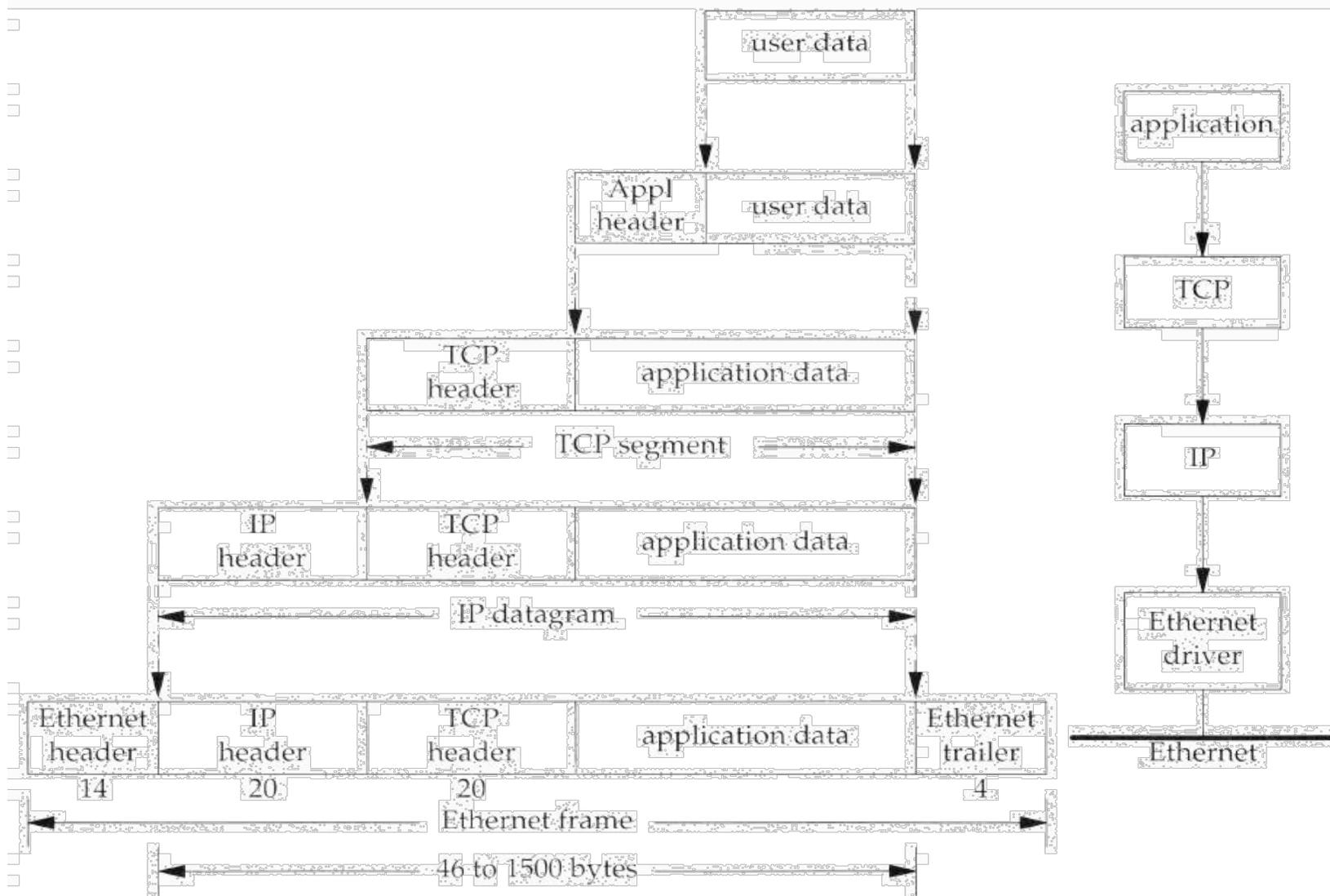


Beispiel zum Zusammenspiel





Datenkapselung





Das ISO/OSI Referenzmodell

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

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)

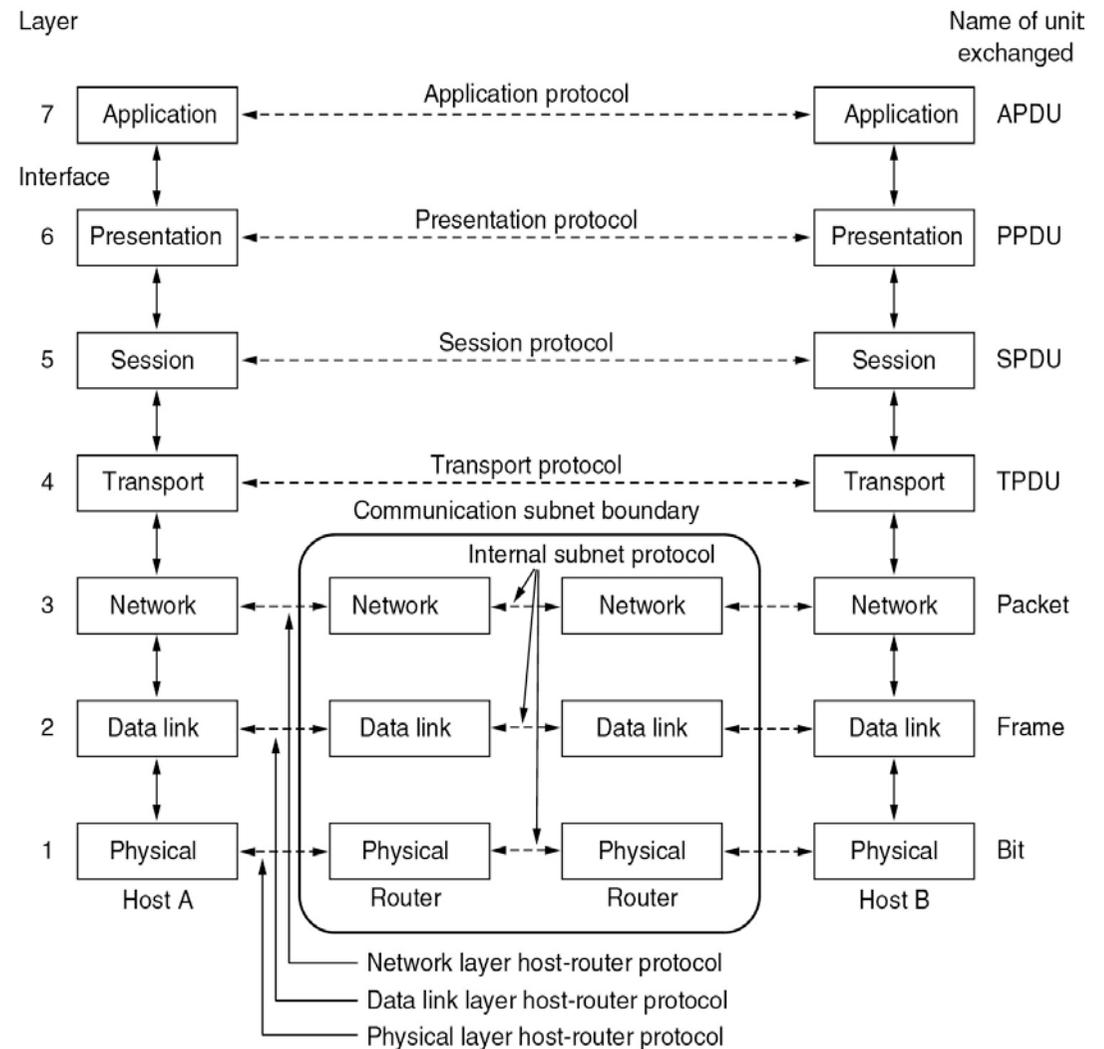
- Routing

2. Sicherung (Data Link)

- Prüfsummen, Flusskontrolle

1. Bitübertragung (Physical)

- Mechanische, elektrische Hilfsmittel





ISO/OSI - Schicht 1

➤ **Aküfi**

- ISO: International Standards Organisation
- OSI: Open Systems Interconnections

1. Bitübertragung (Physical)

- Übertragung der reinen Bits
- Technologie (elektronisch/Licht)
- Physikalischen Details (Wellenlänge, Modulation)



ISO/OSI - Schicht 2

2. Sicherung (Data Link Layer)

- Bereinigung von Übertragungsfehler
- Daten werden in Frames unterteilt mit Kontrollinformation
 - (z.B. Checksum)
- Bestätigungsframes werden zurückgesendet
- Löschen von Duplikaten
- Ausgleich schneller Sender - langsamer Empfänger (Flusssteuerung)
- Lösung von Problemen beim Broadcasting
 - Zugriff auf gemeinsames Medium = Mediumzugriff
 - (medium access control = MAC)



ISO/OSI - Schicht 3

3. Vermittlungsschicht

- Packetweiterleitung (packet forwarding)
- Routenermittlung/Wegewahl der Pakete (route detection)
- Kontrolle von Flaschenhälsen (bottleneck) in der Wegewahl
- Abrechnung der Pakete (Abrechnungssystem)



ISO/OSI - Schicht 4

4. Transportschicht

- Unterteilung der Daten aus der Sitzungsschicht in kleinere Einheiten (Pakete)
- In der Regel Erstellung **einer** Transportverbindung für jede anfallende Verbindung
- Möglicherweise auch **mehrere** Transportverbindungen zur Durchsatzoptimierung
- Art der Verbindung
 - fehlerfrei, Punkt-zu-punkt (z.B. TCP)
 - fehlerbehaftet, Unidirektional (z.B. UDP)
 - Multicasting (einer an viele)
 - Broadcasting (einer an alle)
- Multiplexing: Zu welcher Verbindung gehört dieses Paket
- Flusskontrolle: Wieviele Pakete können/sollen versendet werden (ohne das Netzwerk zu überfordern)



ISO/OSI - Schicht 5

5. Sitzungsschicht

- Festlegung der Sitzungsart, z.B.
 - Dateitransfer, Einloggen in ein entferntes System
- Dialogkontrolle
 - Falls Kommunikation immer nur abwechselnd in einer Richtung geht, regelt die Richtung die Sitzungsschicht
- Token Management
 - Falls Operationen nicht zur gleichen Zeit auf beiden Seiten der Verbindungen möglich sind, verhindert dies die Sitzungsschicht
- Synchronisation
 - Checkpoints zur Wiederaufnahme abgebrochener Operationen (z.B. Filetransfer)



ISO/OSI Schichten 6 und 7

6. Präsentationsschicht

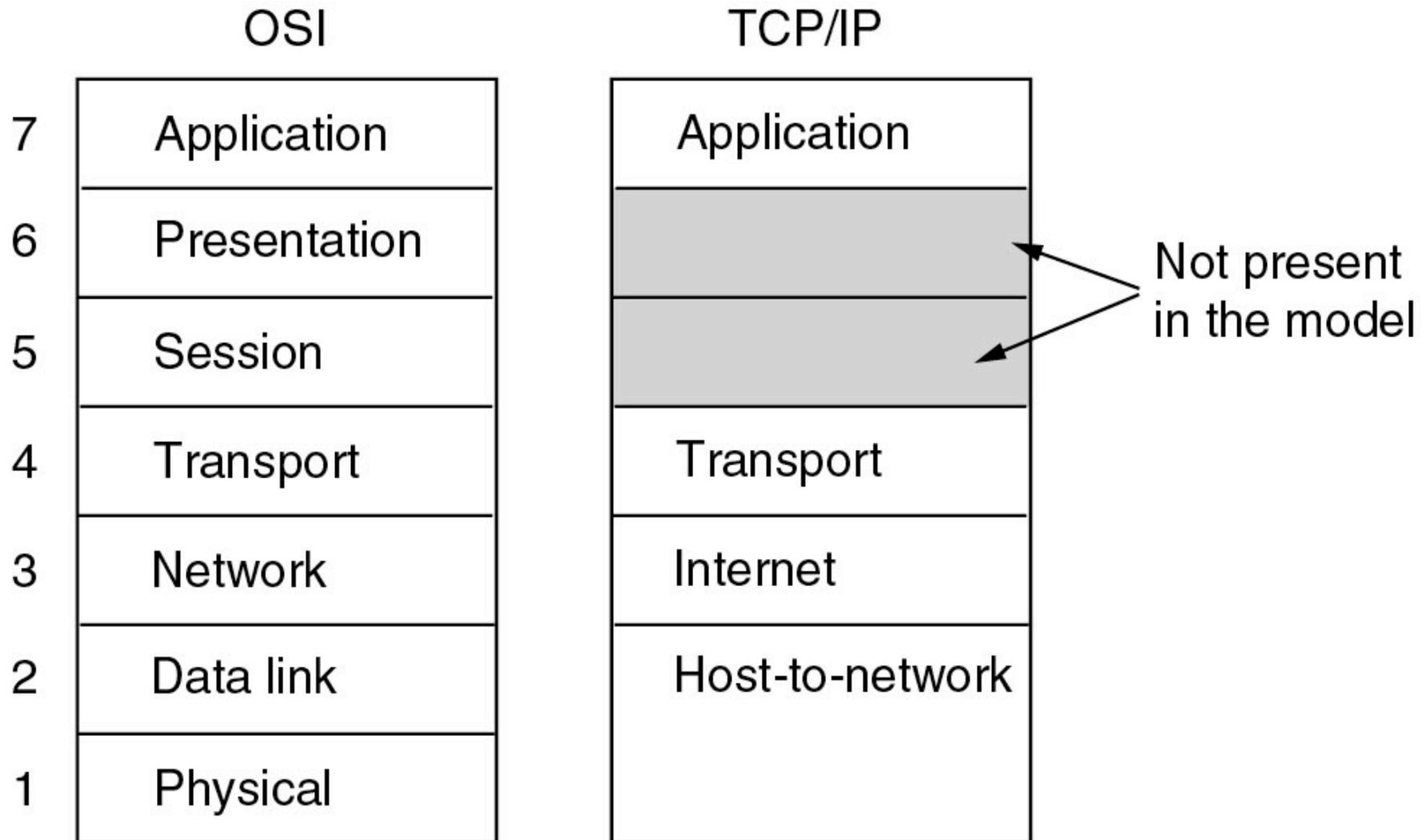
- Anpassung von Kodierungen,
- z.B. Zeichensätze, Namen, Addressfelder, Formulare, etc.

7. Anwendungsschicht

- Große Vielfalt aller möglichen Funktionen, z.B.
 - Virtuelle Terminals
 - Filetransfer
 - E-mail
 - Video
 - Radio
 - Spiele
 - ...



OSI versus TCP/IP

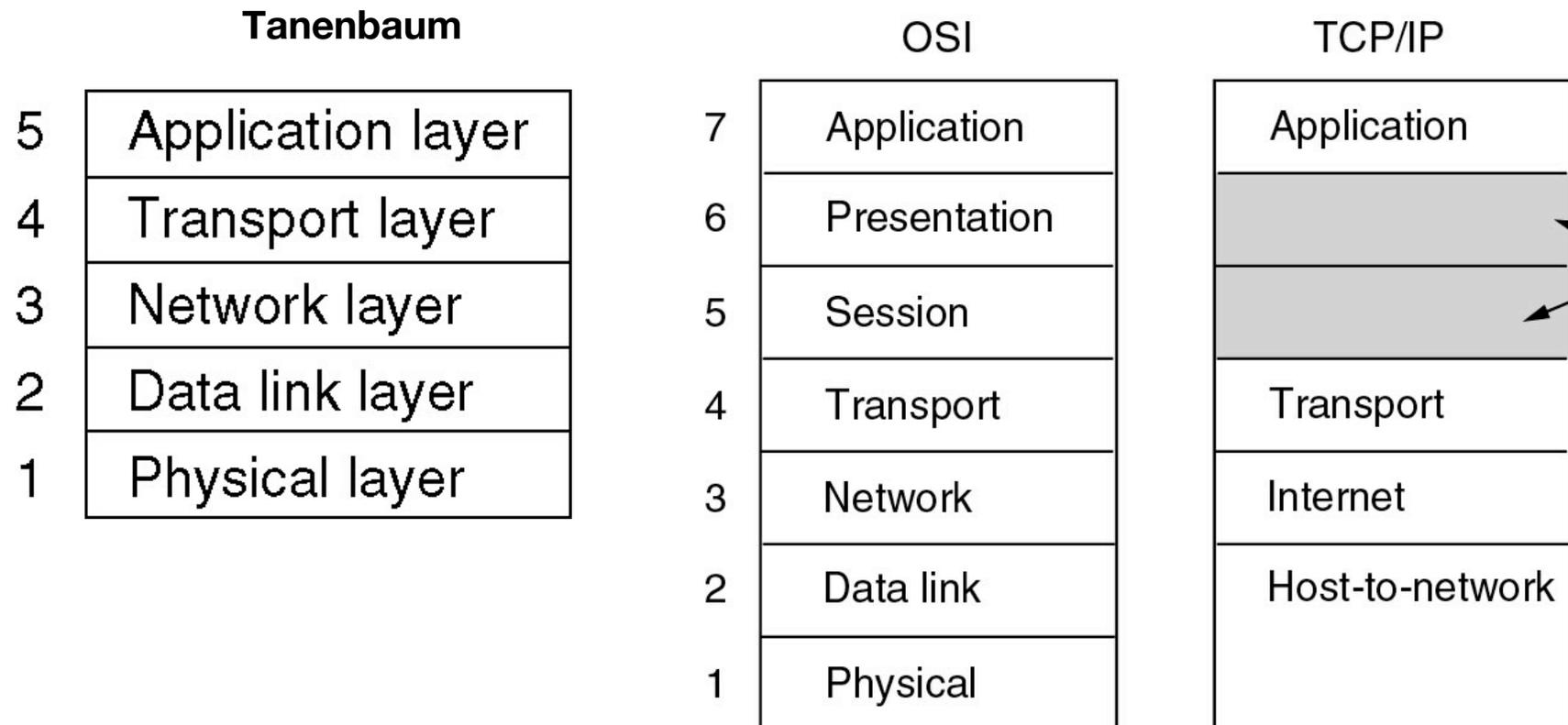


(Aus Tanenbaum)



Hybrides Modell

➤ Wir verwenden hier Tanenbaums hybrides Modell



(Aus Tanenbaum)



Unicast, Multicast und Broadcast

- **Unicast (Punkt-zu-Punkt-Übertragung)**
 - Z.B. Telefon
 - Genau zwei Teilnehmer kommunizieren direkt miteinander
- **Broadcast (Einer-an-Alle)**
 - Z.B. Radio, Fernsehen
 - Ein Sender sendet Signale an alle Empfänger
- **Multicast (Einer an Viele)**
 - Z.B. Telefonkonferenz, Video on demand
 - Ein Sender sendet an eine ausgewählte Menge von Empfänger



Netzwerktypen

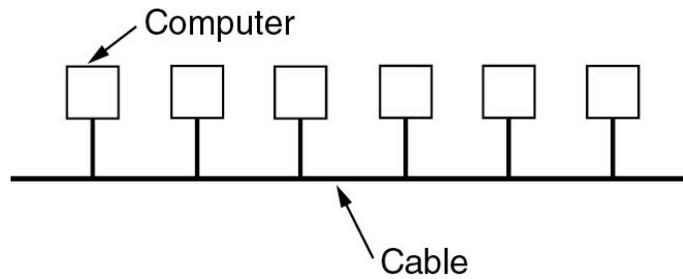
Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	
100 m	Building	
1 km	Campus	Local area network
10 km	City	
100 km	Country	Metropolitan area network
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	Wide area network
		The Internet

(Aus Tanenbaum)

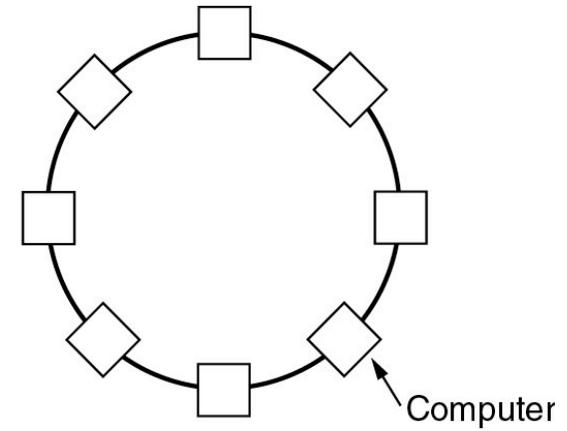


Local Area Networks (LAN)

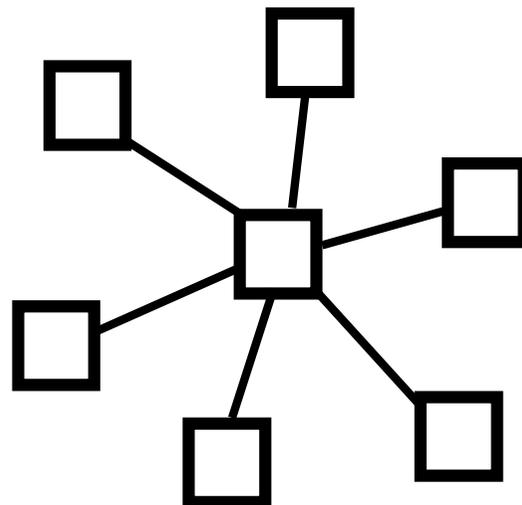
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer



(a) Bus



(b) Ring



Stern

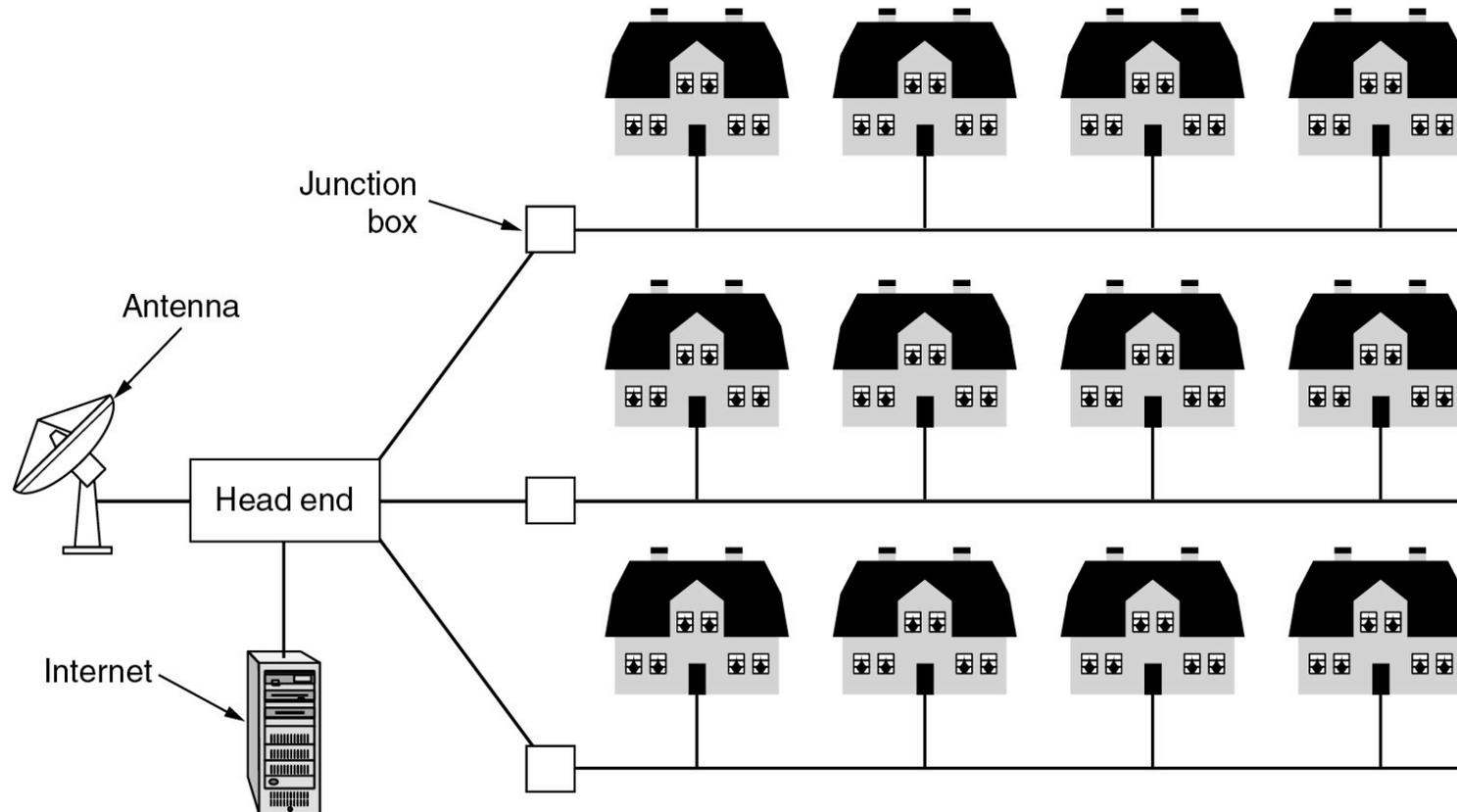
(Aus Tanenbaum)



Metropolitan Area Networks

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

➤ TV-Kabel basiertes Netzwerk

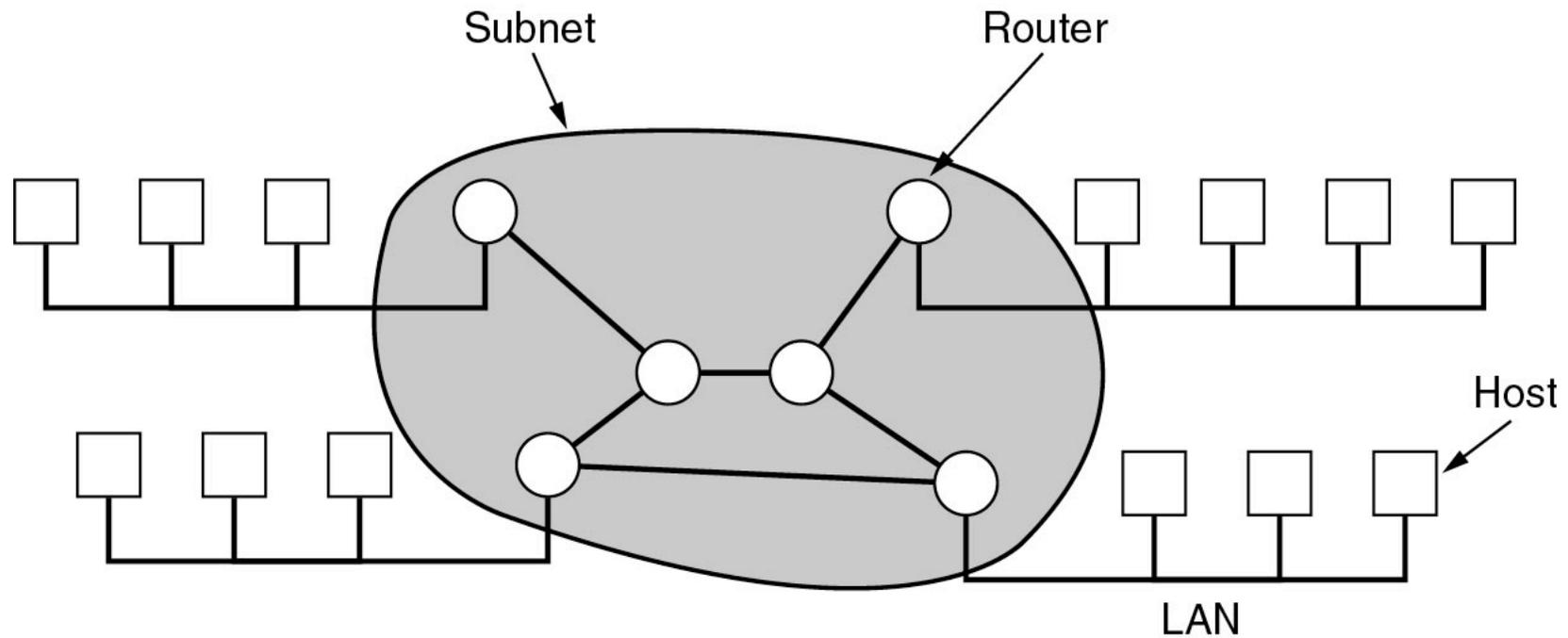


(Aus Tanenbaum)



Wide Area Networks

➤ Verknüpfung der LANs mit dem Subnet



(Aus Tanenbaum)



Funknetzwerke (1)

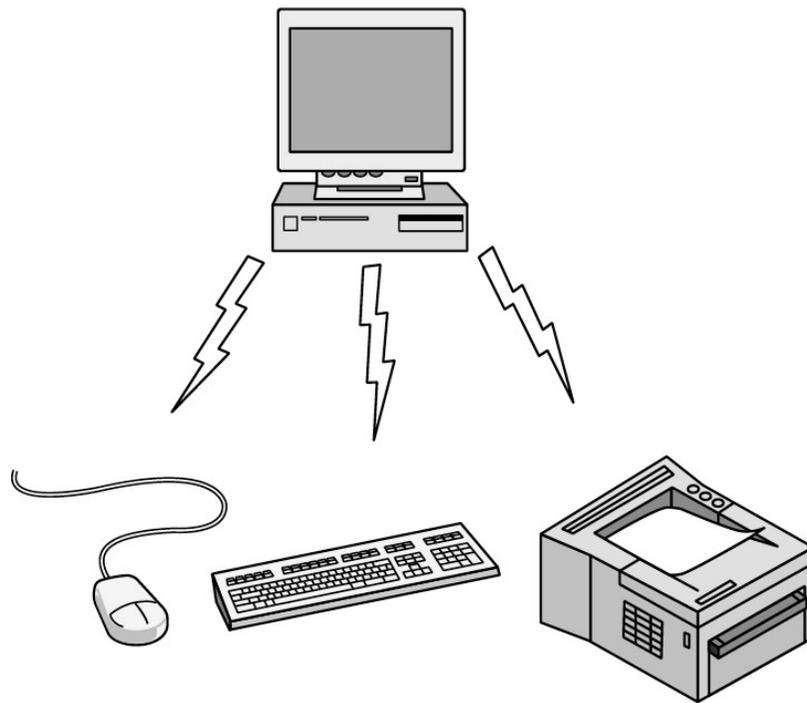
➤ Kategorien drahtloser Netzwerke

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

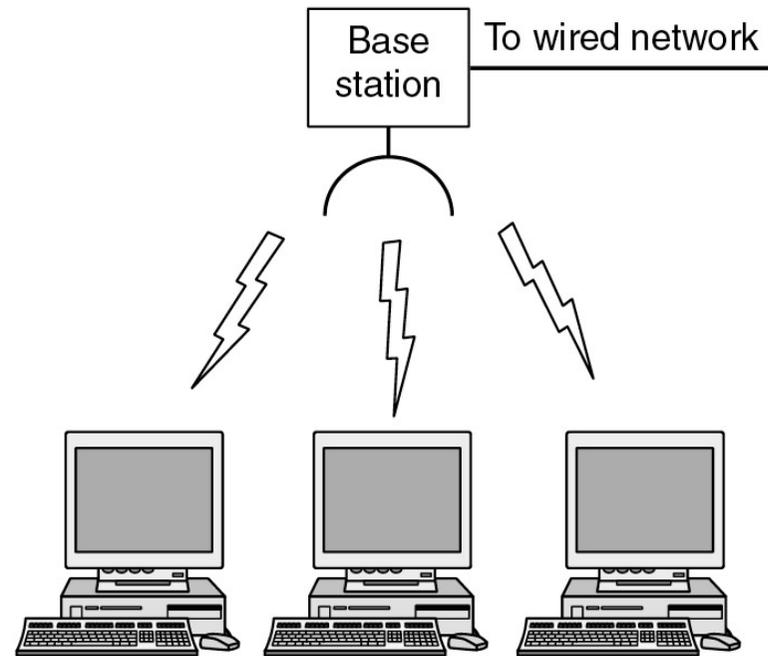


Funknetzwerke (2)

- (a) Bluetooth
- (b) Wireless LAN



(a)



(b)

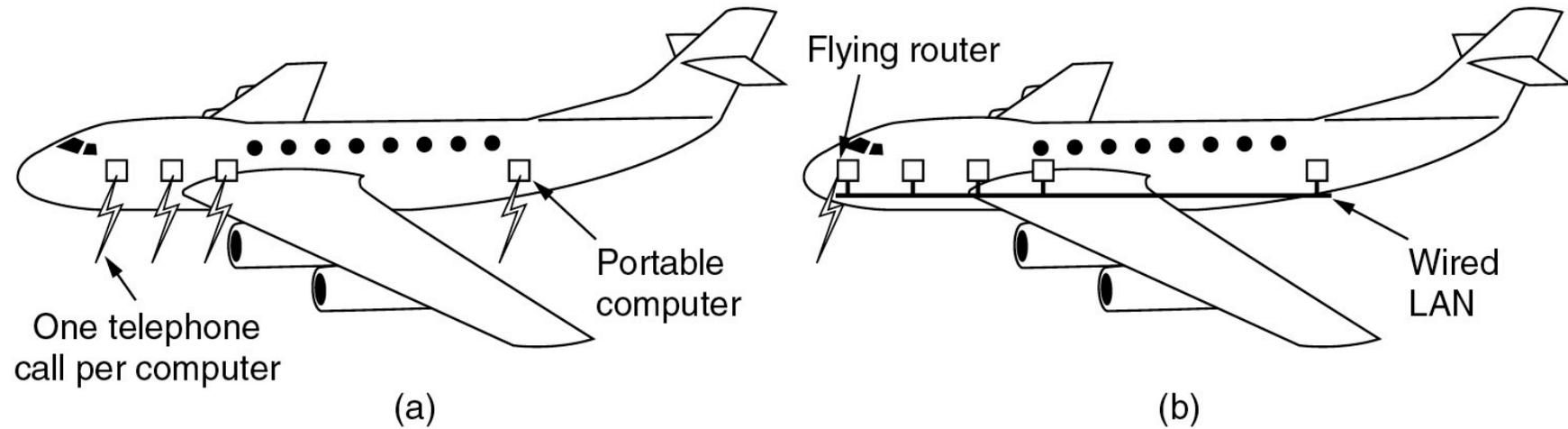
(Aus Tanenbaum)



Funknetzwerke (3)

(a) Individuelle mobile Rechner

(b) Das fliegende LAN



(Aus Tanenbaum)

Ende der 1. Vorlesungswoche



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

Systeme II
Christian Schindelbauer
schindel@informatik.uni-freiburg.de