

# Datenkommunikation

Teil 3.0: Internet-Referenzmodell und dessen Realisierung

O.Univ.Prof.Dr. Harmen R. van As

## Übersicht

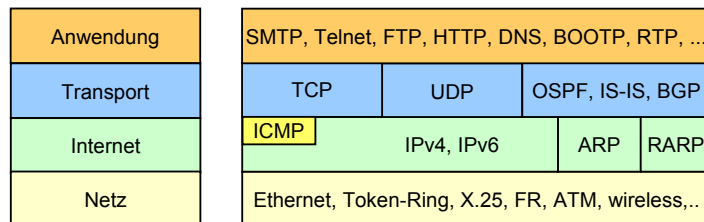
### 3 Internet-Referenzmodell und dessen Realisierung

- Referenzmodell und interne TCP/IP Protokolladressierung
- Entwicklung des Internet

#### Weitere Unterkapitel

- Netzzugangsschicht: Übertragungstechnologien
- Internetschicht: IPv4, IPv6, Routing, MPLS, Intserv, Diffserv
- Transportschicht: TCP, UDP, Flusskontrolle
- Applikationsschicht: FTP, Email, Websurfen, HTTP

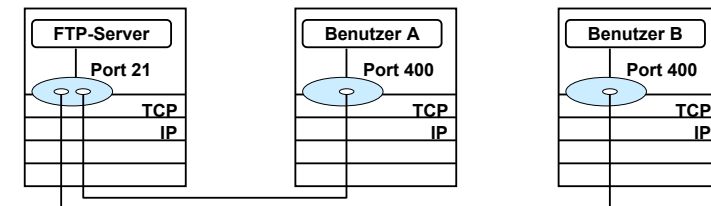
## Internet Referenzmodell



TCP Transmission Control Protocol  
 UDP User Datagram Protocol  
 IP Internet Protocol  
 ICMP Internet Control Message Protocol  
 ARP Address Resolution Protocol  
 RARP Reverse Address Resolution Protocol  
 OSPF Open Shortest Path First  
 IS-IS Intermediate System to Intermediate System  
 BGP Border Gateway Protocol

SMTP Simple Mail Transfer Protocol  
 FTP File Transfer  
 TELNET Terminal Emulation  
 FTP File Transfer Protocol  
 SMTP Simple Mail Transfer Protocol  
 DNS Domain Name Service  
 BOOTP Bootstrap Protocol  
 RTP Real Time protocol  
 SNMP Simple Network Management Protocol  
 FR Frame Relay  
 ATM Asynchronous Transfer Mode

## Adressierung



#### Protocol Number: IP-Header

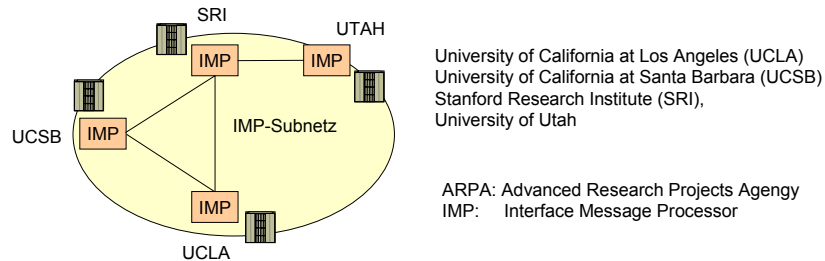
1	ICMP	Internet Control Message Protocol
4	IP	IP encapsulation
5	TCP	Transmission Control Protocol
17	UDP	User Datagram Protocol
41	IPv6	IP version 6
89	OSPF	Open Shortest Path First

#### Port Number: UDP oder TCP-Header

21	FTP	File Transfer Protocol
23	Telnet	
53	DNS	Domain Name System
63	BOOTP	Boot Protocol
80	HTTP	Hypertext Transport Protocol
161	SNMP	Simple Network Management Protocol

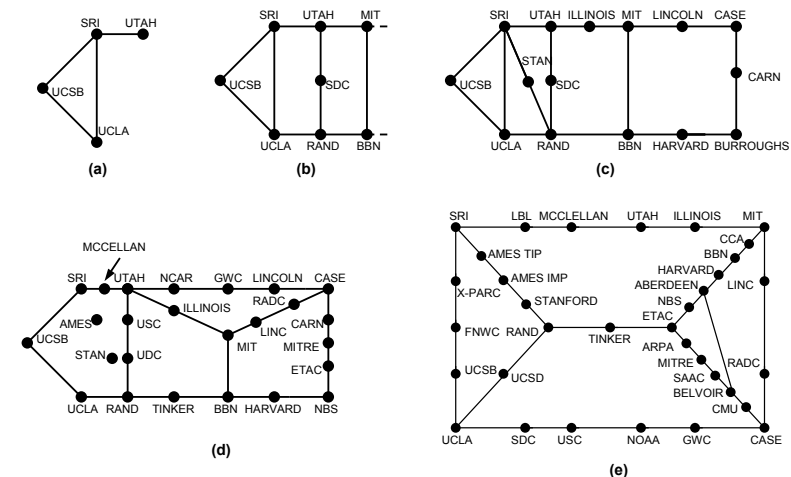
## Entwicklung des Internet: 60er Jahre

- 1961:** Leonard Kleinrock's Theorie zeigt die Effektivität von Paketvermittlung für burstartigen Verkehr. Nutzung der Warteschlangentheorie.
- 1964:** Baran untersucht die Sprachübertragung in Paketvermittlung in militärischen Netzen.
- 1967:** Plan zur Erstellung des ersten paketvermittelten Netzes, ARPANET, wird veröffentlicht.
- 1969:** Die ersten Knoten von ARPANET sind funktionsfähig: Erstes Internet.



## ARPANET (1969-1972)

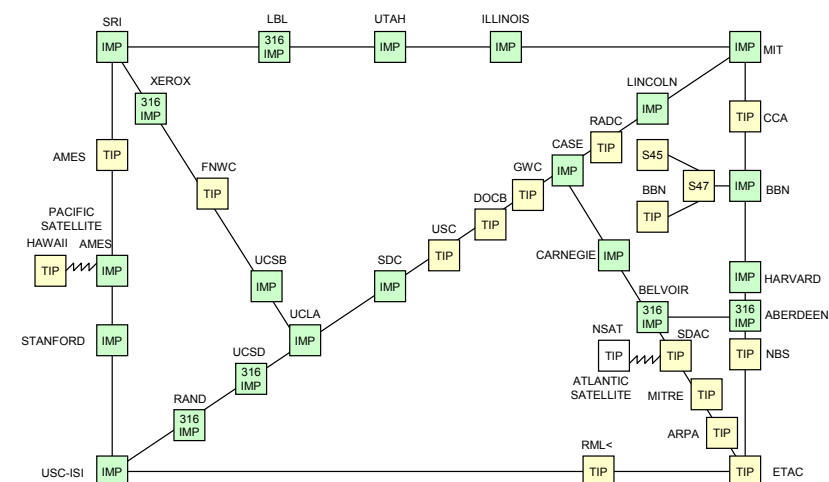
- (a) Dezember 1969 (b) Juli 1970 (c) März 1971 (d) April 1972 (e) September 1972



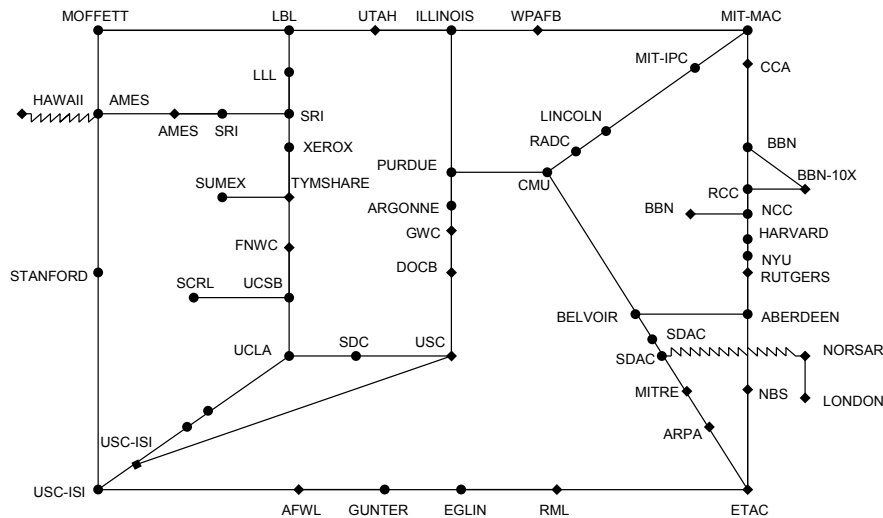
## Entwicklung des Internet: 70er Jahre

- 1971:** Betriebsaufnahme ARPANET (erstes Internet-Backbone); Experiment zum Einloggen auf entfernten Rechnern
  - 1972:** Erste öffentliche Demonstration von ARPANET mit ca. 15 Knoten.  
RFC001: NCP (Network Control Protocol): erstes Protokoll zwischen zwei Internet-Hosts  
Erstes Email-Programm von Ray Tomlinson (BBN, Bold, Beranek and Newman)
  - 1973:** Metcalfe entwickelt Grundprinzipien des Ethernet
  - 1974:** Cerf und Kahn entwerfen Architektur zum Koppeln von Netzen
    - Entwurf von TCP (am Anfang noch mit integriertem IP)
    - Ende der 70er Jahre Basisprotokolle des Internets (IP, UDP und TCP) vorhanden
    - Internet-Entwurfsprinzipien (die auch heute noch gültig ist !)
- Entwicklung einer Reihe proprietärer Netze
- DEC: DECnet, Xerox: XNS-Architektur, IBM: SNA-Architektur
- Ende der 70er Jahre erste Ansätze zur Paketvermittlung mit Dateneinheiten fester Länge (Vorläufer von ATM)
- 1979:** ARPANET hat 200 Knoten

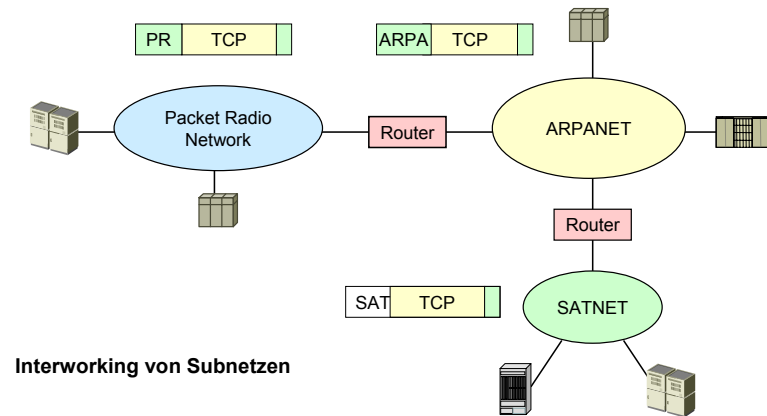
## ARPANET (August 1973)



## ARPANET (June 1975)



## Internet (1977)



Interworking von Subnetzen

SATNet : Satellitenverbindung mit Europa

## Entwicklung des Internet: 80er Jahre

### 1980 – 1990:

- Aufbau verschiedener Netze, neue Protokolle
- Neue Netze, meist zur Verbindung von Universitäten
- BITnet (Because it's their network)
- CSnet (Computer Science network; kein Anschluss an ARPAnet)
- NSFNET (1986, anfangs mit 56 kbit/s im Backbone)

**1982:** SMTP-Protokoll für E-Mail definiert

**1983:** Alle Knoten im ARPAnet mussten von NCP auf TCP/IP wechseln

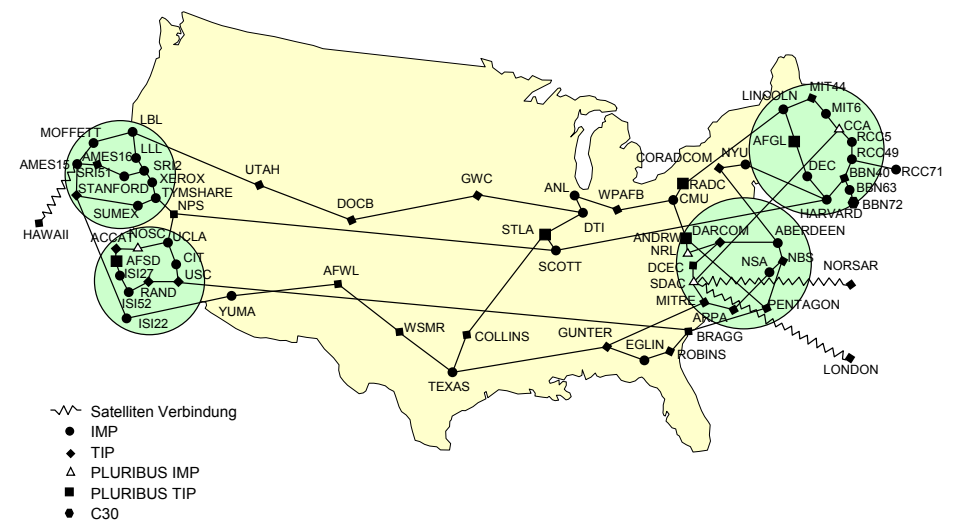
**1983:** DNS zur Übersetzung von Namen auf IP-Adressen definiert

**1985:** FTP-Protokoll definiert

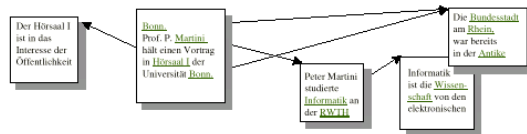
**1988:** Das Internet umfasst auch Netze in Europa, Australien und Kanada.

**Ende der 80er Jahre:** ca. 100.000 Knoten im Internet

## ARPANET (Oktober 1980)



## WWW: World-Wide-Web



- 1989** : Tim Bernes-Lee (Cern, Geneva):  
Vorschlag für die globale Vernetzung von Dokumenten (Hypertext)
- 1991** : Erste Vorführung
- 1993** : Mosaic Browser
- 1995** : Netscape Browser

www : für viele äquivalent zu Internet

## Entwicklung des Internet: 90er Jahre

**1990 – 2000**: Kommerzialisierung und das Web

- 1991** : - NSFNET lockert Restriktionen für kommerzielle Nutzung
- EBONE: Europäisches Backbone
- WWW Vorführung am europäischen Kernforschungszentrum CERN

**1992**: Ca. 200 Web-Server

- 1995** : - Kommerzielle ISPs transportieren NSFNET-Verkehr
- Kommerzialisierung des Web beginnt

**1996**: University Corporation for Advanced Internet Development – Internet2

**1999**: Zweites Internet2-Backbone: Abilene

**Ende der 90er Jahre**

- Ca. 50 Millionen Computer im Internet
- Ca. 100 Millionen Nutzer
- Im Backbone: Gbit/s auf Übertragungsabschnitten

## Internet Statistik: Oktober 2001

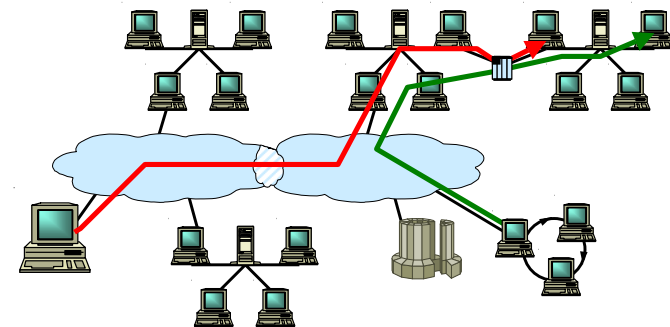
### Internet User (Oktober 2001)

Canada & USA	177.78 million
Europe	113.97 million
Asia/Pacific	104.88 million
Latin America	16.45 million
Africa	3.11 million
Middle East	2.40 million
World Total	418.59 million

**Internet Hosts (Oktober 2001): 109.574429 million**

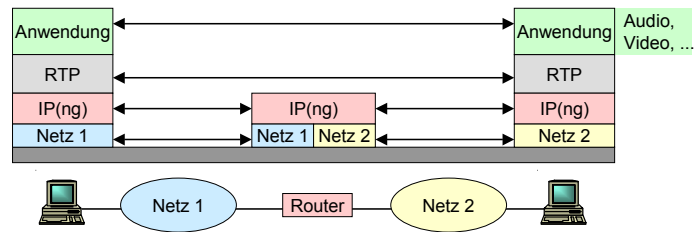
## IP Next Generation (IPng, IPv6)

RFC 1883, RFC 1884, RFC 1886, RFC 1970, RFC 1980, RFC 1981, RFC 2014,....



- Erweiterter Adressbereich
- Flussidentifizierung (Flow labels)
- Globale Reservierung von Ressourcen

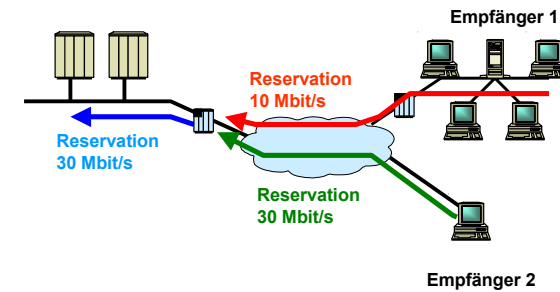
# Real Time Protocol (RTP)



- Echtzeitanwendungen, Multimedia-Kommunikation
- Synchronisation (time stamp)
- Quality-of-Service Kolle (RTCP, Real Time Control Protocoll)

# Resource Reservation Protocol (RSVP)

RFC 2205, RFC 2206, RFC 2207, RFC 2210, .....



- Ressourcen Reservierung
- Empfängerorientiert
- Multicast