

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

7. Rechnernetze - Einführung

7.1 Geschichte

7.2 Standardprotokolle

7.3 Struktur und Funktionsweise

7.3.1 Hardware

7.3.2 Struktur

7.3.3 Client-Server-Modell

7.3.4 Adressierung und Routing

7.4 Protocol-Layers

7.5 Dienste / Höhere Protokolle etc.

7.6 WWW

7.7 Sonstiges

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-1

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.1 Geschicht

7.1.1 Entwicklung

■ Initiative 1968/69:

Forschungsbehörde im US-Verteidigungsministerium - ARPA

((Defense) Advanced Research Project Agency)

◆ Universitäten entwickeln ein Computer-Netz (ARPANET)

◆ 1970: 4 Computer verbunden

1971: 13, 1972: 23, ..., 1976: 63

■ 80er-Jahre:

◆ Aufteilung in militärisches und wissenschaftliches Netz

◆ neue Technik um mehrere Computer-Netze miteinander zu verbinden

→ Internet

◆ neue Netze von Forschungsorganisationen, NASA, ...

◆ Netze in Europa

◆ 1981: 213 Computer, 1984: 1024, 1989: 159.000

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-2

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.1.1 Entwicklung (2)

■ 90er-Jahre

- ◆ Internet bislang nur zu Forschungszwecken
- ◆ Basis-Software für das World Wide Web wird entwickelt
- ◆ erste kommerzielle Netzwerke mit Internet-Technologie
- ◆ Unternehmen schließen sich an
- ◆ große Zahl kommerzieller Netz-Provider kommt auf den Markt
- ◆ zunehmend für Privathaushalte interessant
- ◆ Zusammenwachsen von Telefon, Rundfunk, Fernsehen und Computernetzen beginnt
- ◆ neue Anwendungsbereiche für Internet-Technologie (z. B. Haustechnik)

- ◆ 1990: 300.000 Computer, 1995: 6 Mio., 2000: 100 Mio. ?

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

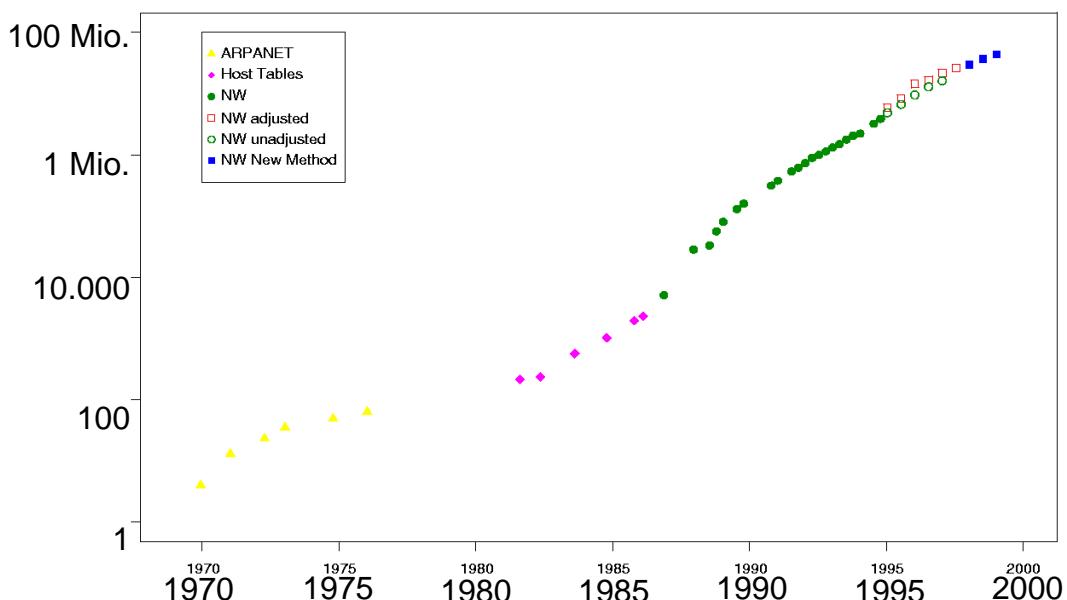
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-3

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.1.2 Wachstum

Rechner im Internet 1969 - 1999



- ★ 1 Milliarde WWW-Seiten durch Suchmaschinen indiziert (geschätzt: 550 Mrd ex. tatsächlich)

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-4

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.1.3 Geschwindigkeit

- typische Geschwindigkeit von Internetverbindungen

	Weitverkehr	lokale Netze
1969:	10 kBit/s	
1975:	50 kBit/s	100 kBit/s
1980:	250 kBit/s	10 MBit/s
1985:	1 MBit/s	34 MBit/s
1990:	2 MBit/s	100 MBit/s
1999:	6 GBit/s	1 GBit/s

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-5

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.1.4 Anwendungen

- 70er-Jahre: Electronic Mail
Dateitransfer
interaktiver Zugang zu Rechnern
- 80er-Jahre: News (schwarze Bretter, Diskussionsforen)
frei zugängliche Dateiarchive
- 1990/1991: Software zur automatischen Suche in Dateiarchiven
Elektronische Bibliothekskataloge
- 1992/1993: Software für World Wide Web entsteht
- 1994: WWW-Datenmenge wächst um Faktor 1.600
- ab 1995: Übertragung von Bildern und Ton
Videokonferenzen

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-6

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.2 Standardprotokolle

- Spezifiziert in RFCs (Request for Comment)
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc-index.html>
 - ◆ UDP (User Datagram Protokoll) RFC 768 August 1980 4 Seiten
 - ◆ IP (Internet Protokoll) RFC 791 September 1981 51 Seiten
 - ◆ ICMP (Itn. Contr. Message Prot.) RFC 792 September 1981 22 Seiten
 - ◆ TCP (Transmission Control Prot.) RFC 793 September 1981 85 Seiten
 - ◆ ARP (Address Resolution Prot.) RFC 826 November 1982 10 Seiten
 - ◆ RARP (Reversed Address ...) RFC 903 Juni 1984 4 Seiten

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-7

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3 Struktur und Funktionsweise

7.3.1 Hardware

- Medien
 - ◆ Ethernet (10/100 MBit/s, 50-500m)
Bus-System mit CSMA/CD
(Carrier Sense Multipel Access/Collision Detection)
Gigabit-Ethernet über Glasfaser
 - ◆ Token Ring (4/16 MBit/s, 150-300m zw. Repeatern); (IBM)
 - ◆ FDDI (100 MBit/s, ca. 100km; Fiber Distributed-Data Interface)
 - ◆ ATM (155/622/+ MBit/s, variabel; Asynchronous Transfer Mode)
- Verbindung von Netzen
 - ◆ Gateways / Router / Switches

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

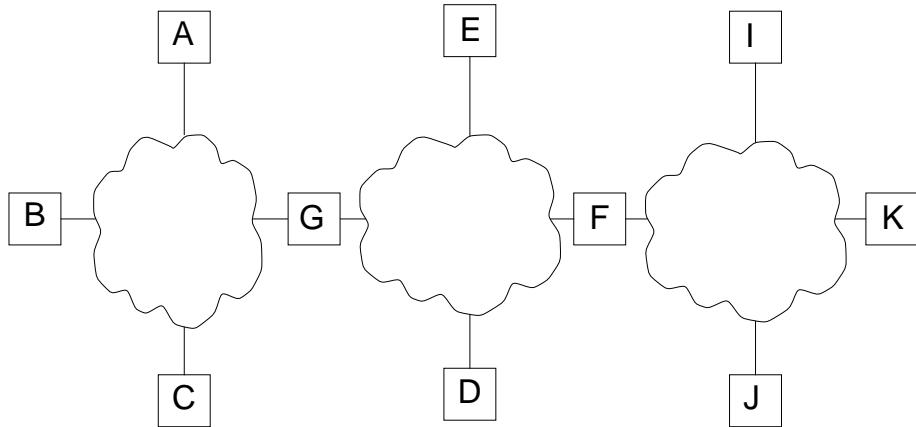
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-8

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.2 Struktur

- Internet = Verbund vieler Einzelnetze zu einem virtuellen Gesamtnetz
- Beispiel: Verknüpfung von drei Netzwerken



- G und F sind Gateways

GdI

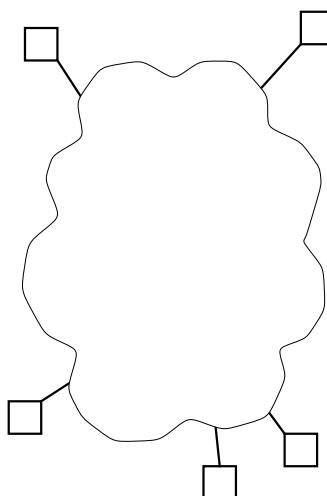
Grundlagen der Informatik für Ingenieure I
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-9

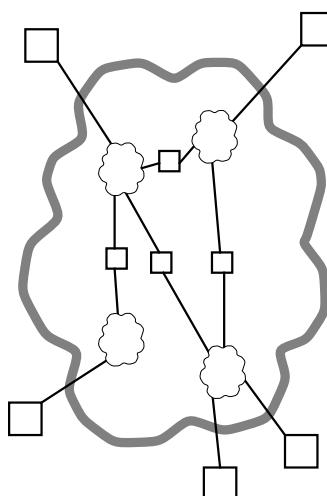
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.2 Struktur (2)

- Benutzersicht



Systemansicht



- ★ Für "normale" Anwendungsprogrammierung reicht Benutzersicht
- ★ Verstehen von Sicherheitsproblematiken erfordert Detailwissen [\(+ Administration\)](#)

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-10

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.3 Client-Server-Modell

- ★ Server: Programm, das einen Dienst (Service) anbietet, der über einen Kommunikationsmechanismus erreichbar ist
- Server
 - ◆ Akzeptieren Anforderungen anderer Rechner
 - ◆ Führen angebotenen Dienst aus
 - ◆ Schicken das Ergebnis zurück zum Sender der Anforderung
 - ◆ Server sind normalerweise als normale Benutzerprozesse realisiert
- Client
 - ◆ Ein Programm wird ein Client, sobald es
 - eine Anforderung an einen Server schickt und
 - auf eine Antwort wartet
- ★ Client-Server-Modell im Internet weit verbreitet

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,

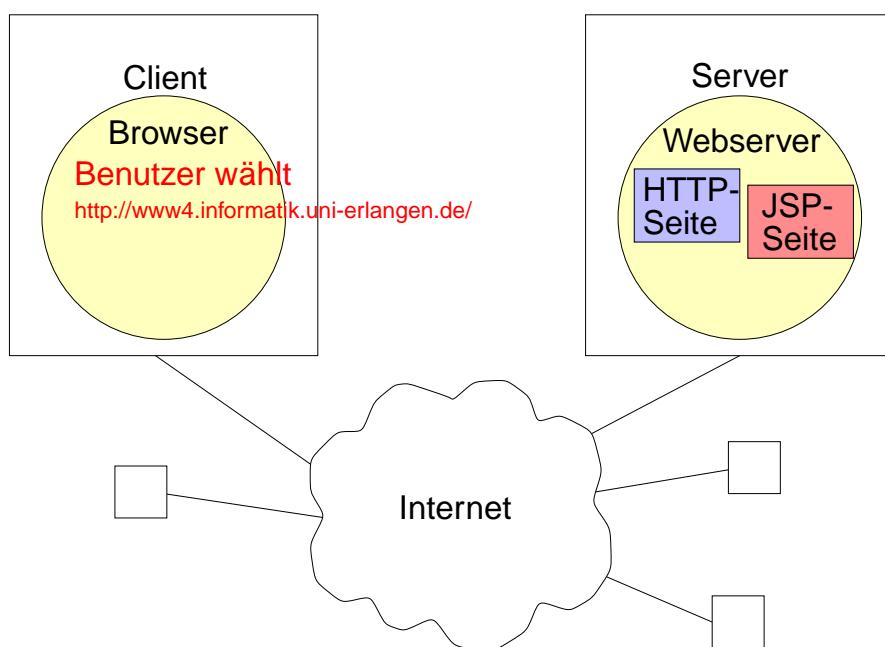
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-11

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.3 Client-Server-Modell (2)

- Beispiel: Webserver



GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,

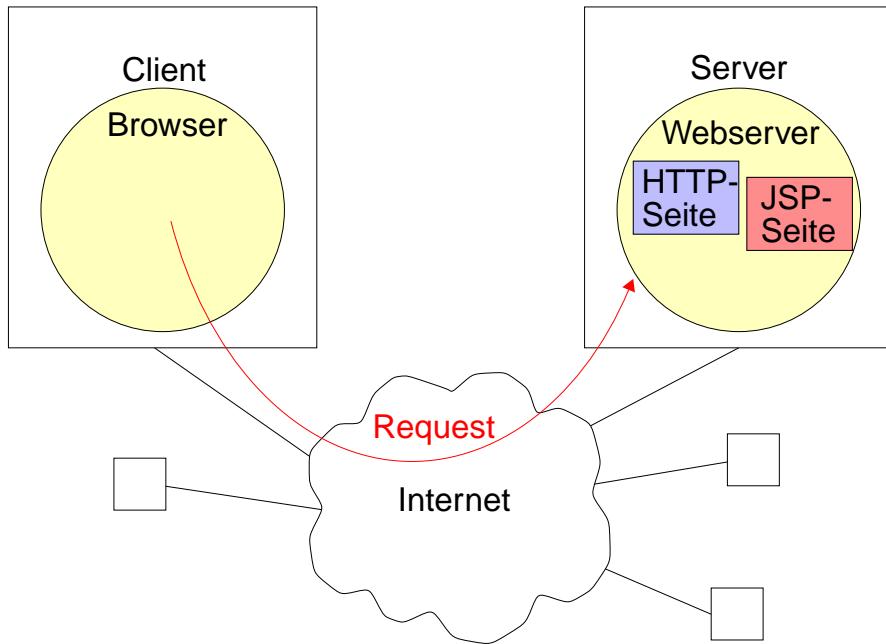
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-12

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.3 Client-Server-Modell (2)

■ Beispiel: Webserver



GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

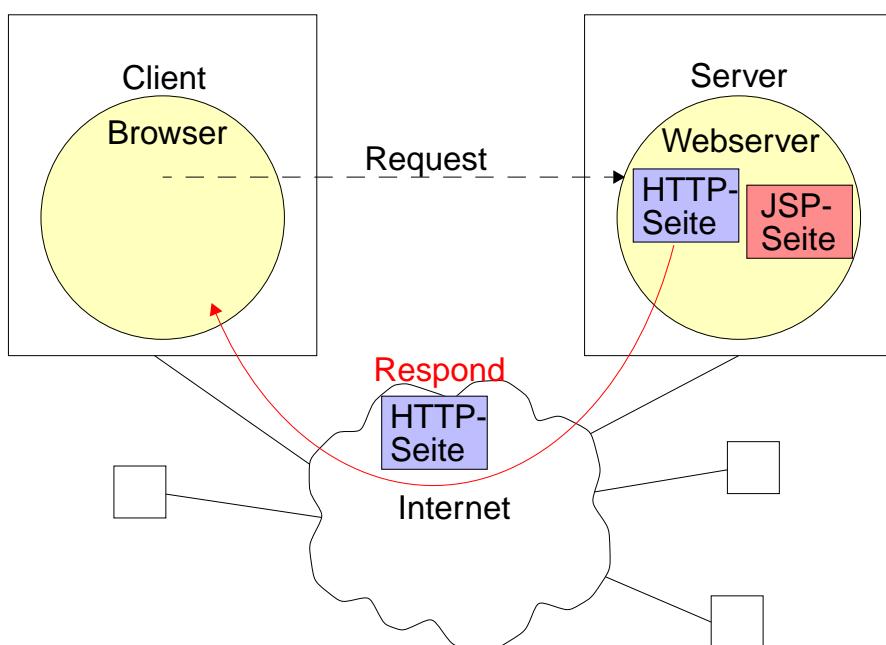
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-13

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.3 Client-Server-Modell (2)

■ Beispiel: Webserver



GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

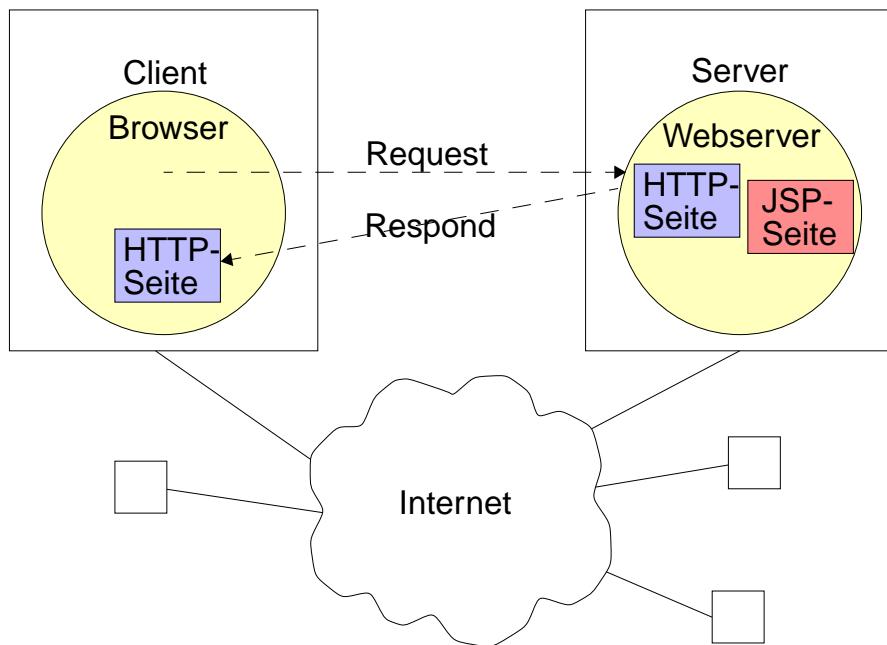
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-14

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.3 Client-Server-Modell (2)

■ Beispiel: Webserver



GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-15

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing

■ Internet Protocol – IP

- ◆ Unabhängig von verwendeter Hardware
- ◆ Ermöglicht einheitliche Adressierung aller Rechner
- ◆ Bildet virtuelles Netzwerk auf der Basis vieler physischer Netzwerke
- ◆ Paketorientiert: IP-Datagramm
- ◆ Unzuverlässige Datenübertragung
- ◆ Routing-Konzepte (mittels ICMP)

■ Realisierung:



GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

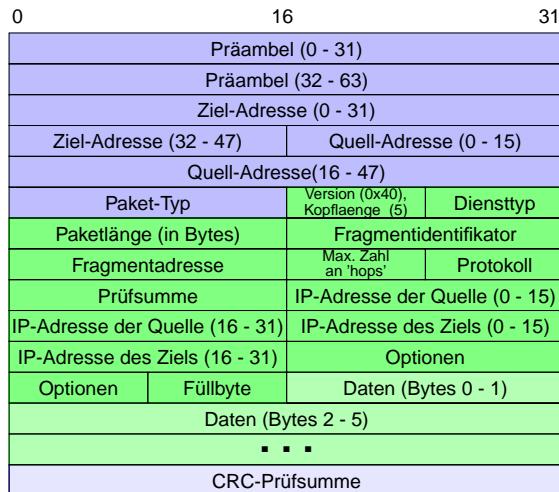
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-16

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (2)

Aufbau von Ethernet- und IP-Header



- IP-Paket ist in Ethernet-Frame eingebettet

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-17

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (3)

IP-Adressen

- ◆ 4 Bytes: **a.b.c.d** (unterteilt in Netzwerk-/Rechneradresse)
 - a < 128: **a** = Netzwerk, **b.c.d** = Rechner (Class A Net)
große Organisationen
 - 127 < a < 192: **a.b** = Netzwerk, **c.d** = Rechner (Class B Net)
Organisationen mittlerer Größe
 - a > 191: **a.b.c** = Netzwerk, **d** = Rechner (Class C Net)
kleinere Organisationen

◆ Spezielle Adressen

- 127.0.0.1 Localhost
- 255 als Rechneradresse Broadcast
- a >= 224 Multicast

★ Problem: max ca. 4 Mrd Adressen möglich

- Adressraum wird allmählich knapp
- IPv6 (128 Bit Adressen)

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-18

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (4)

■ DNS – Domain Name System

- ◆ Abbildung von Rechnernamen auf IP-Adressen
- ◆ Erlaubt Benutzerfreundliche Namen
 - Beispiele: www.config.de
fau40.informatik.uni-erlangen.de

■ Routing

- ◆ Finden eines Weges für ein IP-Paket von der Quelle zum Ziel
- ◆ Verwendung von Routing-Tabellen
 - Abbildung von Ziel-Netzwerk auf nächsten Rechner
 - Default Route
- ◆ 2 Arten:
 - direktes Routing
 - indirektes Routing

GdI

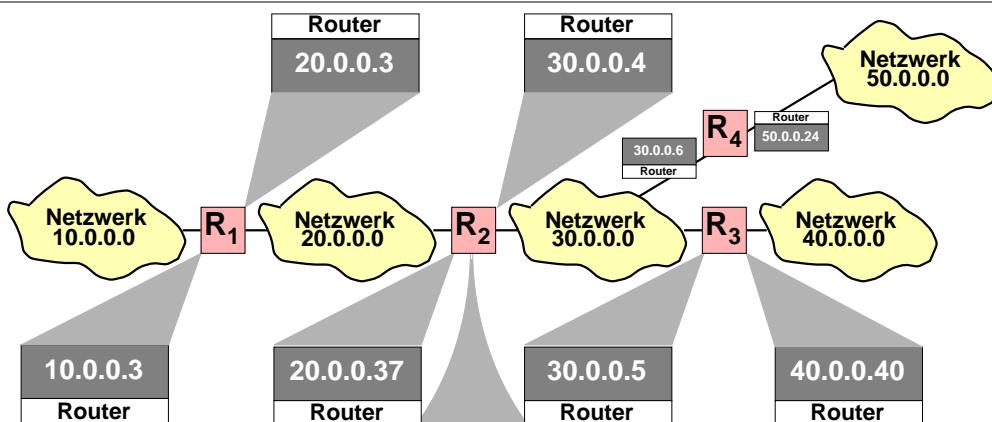
Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-19

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (5)



Router und Routing-Tabellen

Routing-Tabelle Router R ₂	
Ziel-Netzwerk	Route
10.0.0.0	20.0.0.3
20.0.0.0	Deliver Direct
30.0.0.0	Deliver Direct
40.0.0.0	30.0.0.5
50.0.0.0	30.0.0.6

GdI

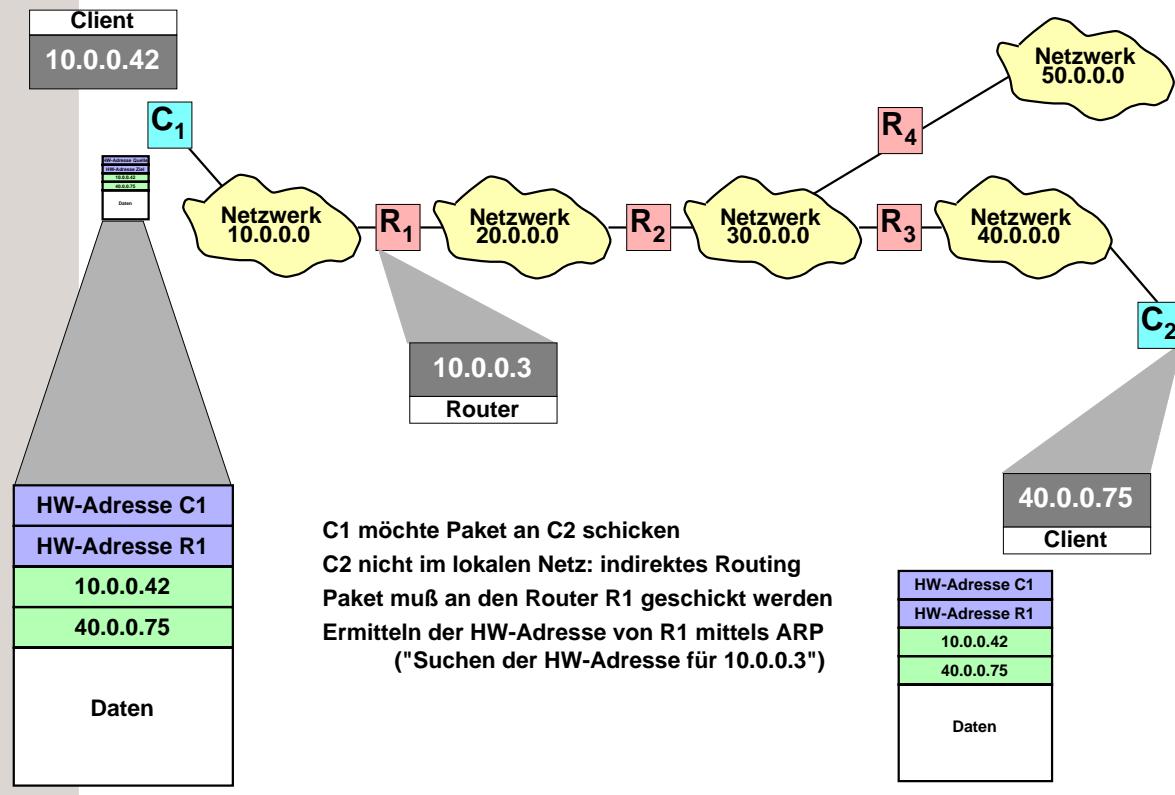
Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-20

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (5)



GdI

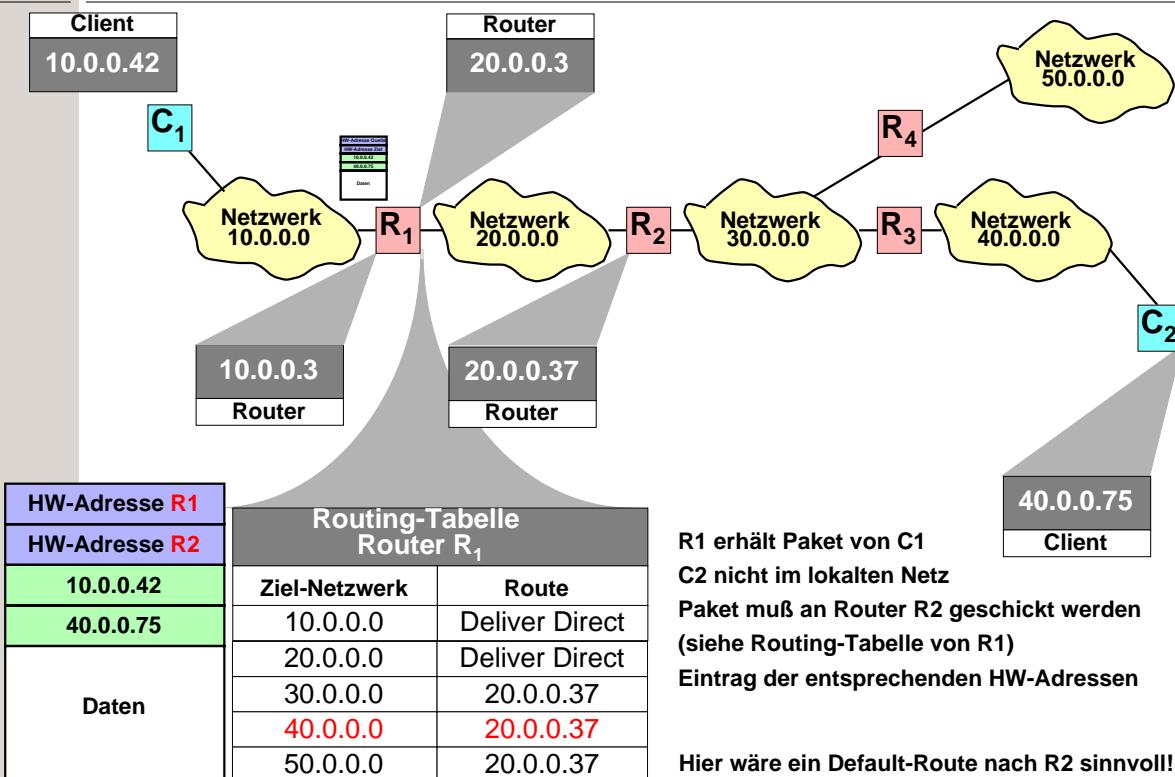
Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme, SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-21

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (5)



GdI

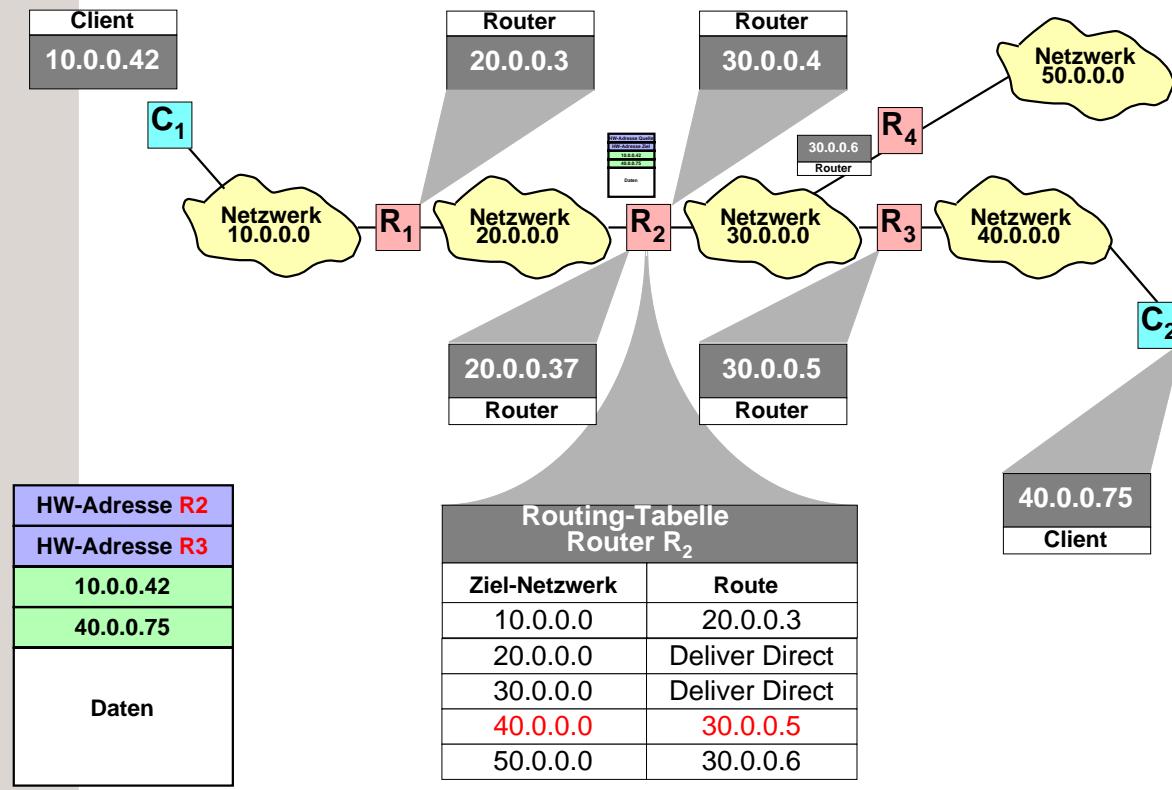
Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme, SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-22

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (5)



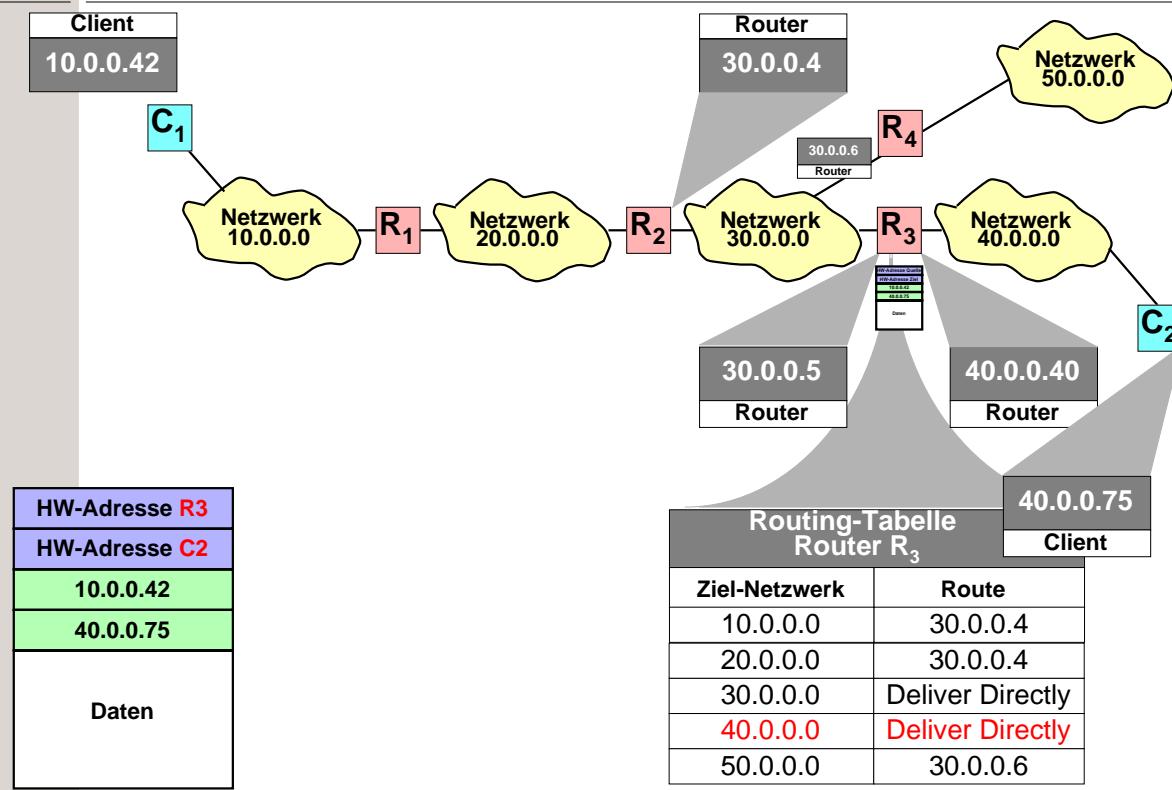
GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13:04

B7-23

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (5)



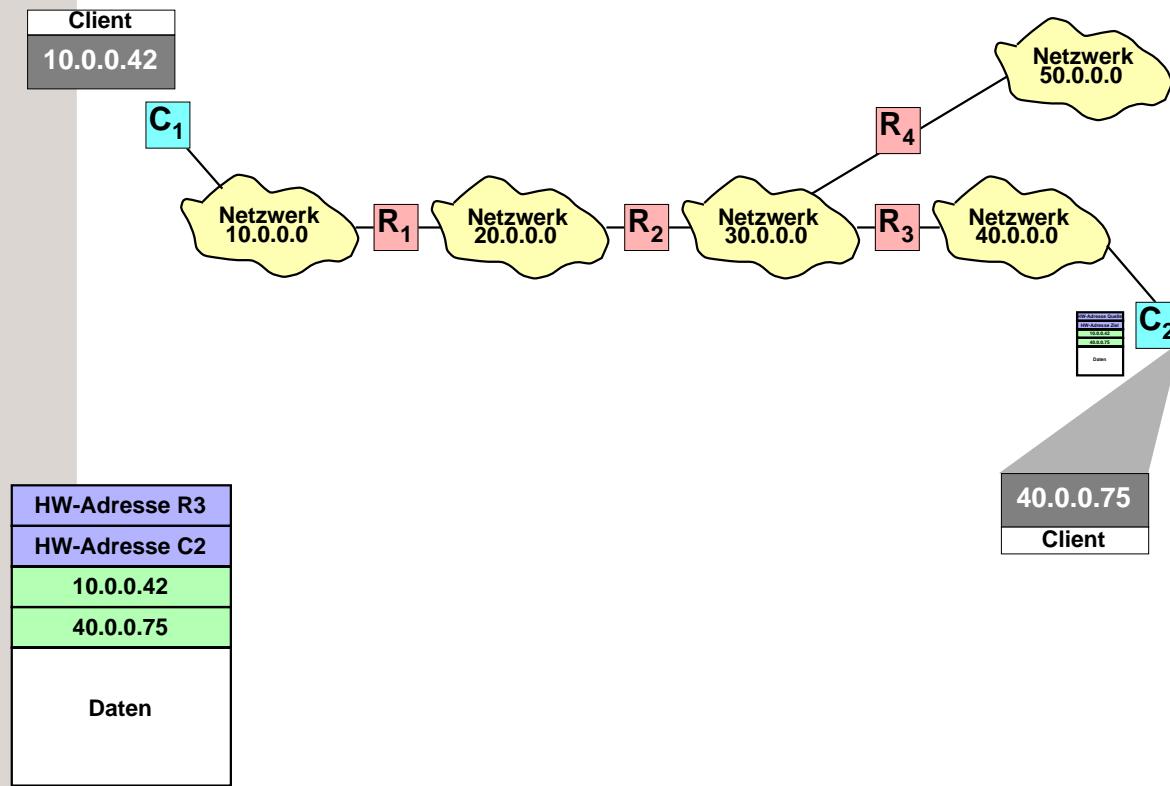
GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13:04

B7-24

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4.0 Adressierung und Routing (5)



GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-25

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (6)

■ Route ansehen (UNIX):

```
traceroute www4.informatik
traceroute to www4.informatik.uni-erlangen.de (131.188.34.200), 30 hops max, 40 byte packets
  1 reliant.gate.uni-erlangen.de (131.188.30.8)  0.904 ms  0.981 ms  0.568 ms
  2 faui40 (131.188.30.40)  0.911 ms *  0.551 ms

traceroute www.sun.com
traceroute to www.sun.com (64.124.140.181), 30 hops max, 40 byte packets
  1 reliant.gate.uni-erlangen.de (131.188.34.8)  0.718 ms  0.477 ms  0.44 ms
  2 suedstern.gate.uni-erlangen.de (131.188.21.65)  0.617 ms  0.487 ms  0.42 ms
  3 excelsior.gate.uni-erlangen.de (131.188.5.1)  3.296 ms  4.665 ms  3.265 ms
  4 ar-erlangen1.g-win.dfn.de (188.1.36.1)  0.273 ms  0.401 ms  9.783 ms
  5 cr-erlangen1.g-win.dfn.de (188.1.72.1)  0.423 ms  0.304 ms  0.326 ms
  6 cr-essen1.g-win.dfn.de (188.1.18.106)  41.563 ms  25.146 ms  24.231 ms
  7 cr-frankfurt1.g-win.dfn.de (188.1.18.89)  24.096 ms  24.031 ms  24.032 ms
  8 ir-frankfurt2.g-win.dfn.de (188.1.80.38)  41.244 ms  24.186 ms  24.298 ms
  9 ge9-0.prl.fra1.de.mfnx.net (216.200.116.97)  24.076 ms  24.181 ms  24.063 ms
  10 so-0-1-0.cr1.fra1.de.mfnx.net (216.200.116.213)  24.18 ms  24.204 ms  24.209 ms
  11 pos9-0.crl.cdg2.fr.mfnx.net (64.125.31.161)  33.873 ms  33.924 ms  33.845 ms
  12 so-5-0-0.cr1.lhr3.uk.mfnx.net (64.125.31.154)  43.539 ms  43.507 ms  43.452 ms
  13 so-7-0-0.cr1.dca2.us.mfnx.net (64.125.31.186)  115.417 ms  115.504 ms  115.309 ms
  14 so-3-0-0.mpr3.sjc2.us.mfnx.net (208.184.233.133)  181.442 ms  181.473 ms  181.46 ms
  15 so-0-0-0.mpr4.sjc2.us.mfnx.net (64.125.30.2)  181.498 ms  181.497 ms  181.504 ms
  16 so-1-0-0.cr2.sjc3.us.mfnx.net (208.184.233.50)  181.604 ms  181.66 ms  181.672 ms
  17 pos1-0.er2a.sjc3.us.mfnx.net (208.185.175.198)  181.648 ms  181.643 ms  181.567 ms
```

- 17 "Hops" bis zum Ziel (d.h. ein Paket geht durch 16 Router)!
- Routen können sich dynamisch ändern

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

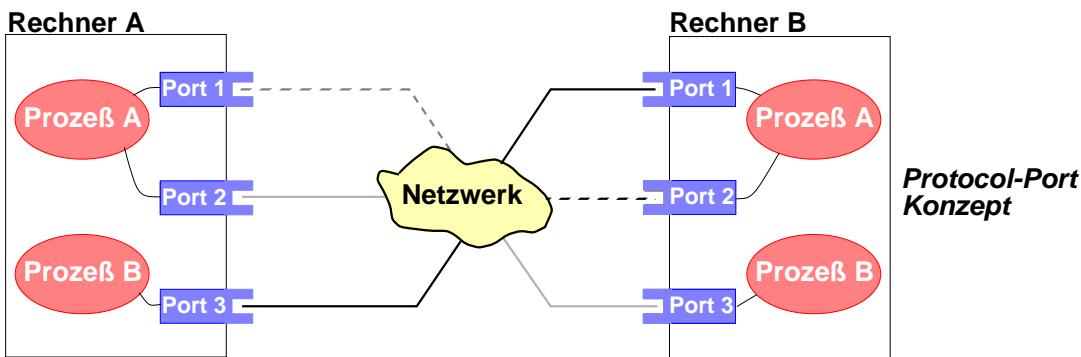
B7-26

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.3.4 Adressierung und Routing (6)

■ Adressierung von Diensten

- ◆ IP: nur Adressierung von Rechnern
- ◆ Dienste / Services können über **Ports** angesprochen werden
 - Dienste verwenden normalerweise UDP oder TCP
 - UDP/TCP-Adresse = IP-Adresse + Portnummer des Dienstes



- ◆ Für viele Standard-Dienste sind Portnummern festgelegt (/etc/services)

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

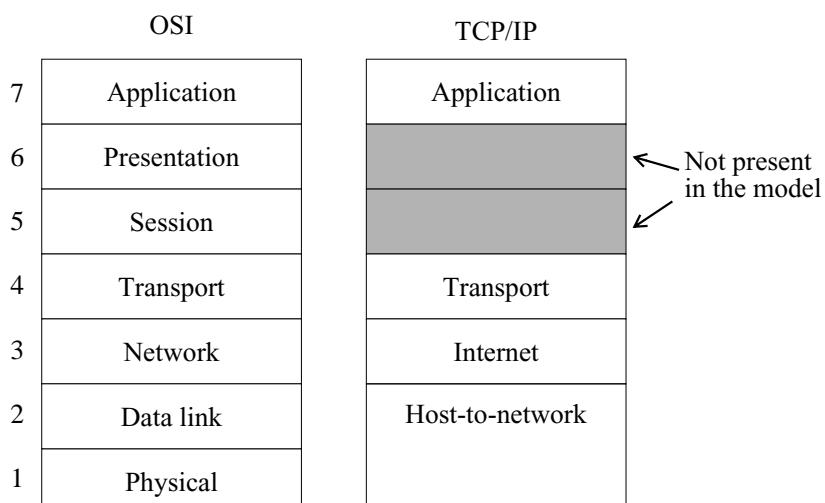
© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13:04

B7-27

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.4 Protocol-Layers

7.4.1 OSI - TCP/IP - Reference-Modell



The TCP/IP reference model (nach Tanenbaum)

GdI

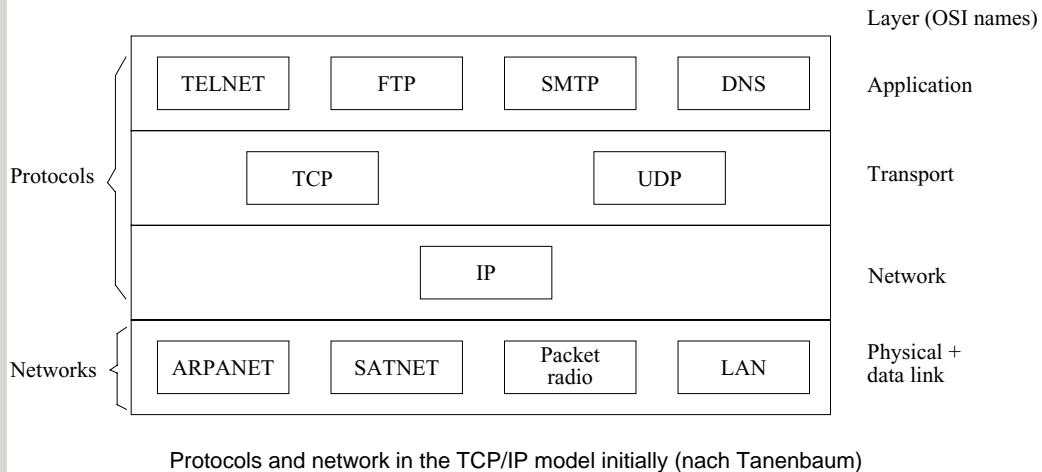
Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021/background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13:04

B7-28

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.4.2 TCP/IP - Protocols



GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-29

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.5 Dienste / Höhere Protokolle etc.

7.5.1 Grundlegende Protokolle (IP basiert)

- UDP (User Datagram Protocol)
 - ◆ Paketorientiert / Verbindungslos
 - ◆ Keine Fehlerbehandlungsmaßnahmen
 - ◆ Geeignet für Broadcast / Multicast
 - ◆ Kommunikation zwischen Ports (Kommunikationsendpunkte)
- TCP (Transmission Control Protocol)
 - ◆ Stromorientiert / Verbindungsorientiert
 - ◆ Garantiert korrekte Datenübertragung
 - ◆ Kommunikation zwischen Ports (Sockets, Mailboxen, Prozesse)
- ★ Diese Protokolle bilden die Grundlage fast aller Internet-Kommunikation

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-30

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.5.2 UDP-basiert Dienste

- NTP (Network Time Protocol)
 - ◆ Weltweite Synchronisation der Rechneruhren
 - LAN: im Bereich 1ms
 - WAN: im Bereich 10 bis 100ms
 - ◆ Updates ca. im 10-Minuten-Takt
 - ◆ Entfernung vom Zeit-Empfänger
 - Stratum-0: Empfänger selbst
 - Stratum-1: Rechner, der direkt mit Empfänger verbunden ist
 - Stratum-2: mit Stratum-1 Rechner verbunden, etc.
- TFTP (Trivial File Transfer Protocol; benutzt z.B. zum Booten)
- Syslog

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-31

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.5.3 TCP-basierte Dienste

- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
 - ◆ Transporieren von E-Mails
- FTP (File Transfer Protocol)
 - ◆ Austauschen von Dateien zwischen Rechnern
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol)
 - ◆ Übertragen von Web-Inhalten
- NFS (Network File System)
 - ◆ Transparenter Dateizugriff auf andere Rechner
 - ◆ Verwendung des RPC
- telnet (Terminal Emulation for TCP/IP Networks)
 - ◆ Einloggen in andere Rechner
 - ◆ Direkte Verbindung zu Diensten

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-32

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.5.3 TCP-basierte Dienste (2)

- rlogin, rsh, rcp (r = remote...)
 - ◆ Einloggen in andere Rechner
 - ◆ Kopieren von Daten von/zu anderen Rechnern
- SSH (Secure Shell)
 - ◆ Ersatz für rlogin, rsh, rcp
 - ◆ Starke Authentisierung
 - ◆ Verschlüsselung aller übertragenen Daten
 - ◆ Verschiedenen Algorithmen (IDEA, DES, RSA) wählbar
 - ◆ Verfügbar für Windows, Unix, Macintosh, and OS/2
- ...

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-33

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.6 WWW

- Ursprünglich statisch
 - ◆ HTML (Hypertext Markup Language)
 - ◆ HTTP (Hypertext Transfer Protocol)
- Client-Side Scripting
 - ◆ JavaScript
 - ◆ Applets
- Server-Side Scripting
 - ◆ SHTML (Server-Side Include)
 - Einfügen "statischer" Inhalte (Header, Footer, etc.)
 - ◆ CGI (Common Gateway Interface)
 - Oft zum Bearbeiten von Forms
 - Programmierung in C, C++, Perl, Java, ...

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a., Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,
SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-34

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.6 WWW (2)

■ Server-Side Scripting (2)

◆ PHP (Hypertext Preprocessor)

- Mischung aus Java, C, Perl + Erweiterungen
- Einfaches Erstellen dynamisch erzeugter Web-Inhalte

◆ ASP (Active Server Page)

- Microsoft-Spezifisch
- Programmierung in VBScript or JScript
- Einbettung direkt in HTML-Code

◆ Servlets, JSP (Java Server Page)

- Programmierung in Java
- Einbettung direkt in HTML-Code
- Aufrufe anderer Klassen, Beans etc. erlaubt

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a. , Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,

SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-35

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7.7 Sonstiges

■ XML (Extensible Markup Language)

◆ Aus SGML (Standard Generalized Markup Language) hervorgegangen

- Dokumentenverwaltung

◆ Definition eigener Tags

◆ DTD (Document Type Definition)

- legt fest, wie die XML-Tags interpretiert werden sollen

◆ CSS (Cascading Style Sheets) / XSL (Extensible Style Language)

- Trennung des Layouts vom Inhalt
- Beschreiben, wie gewisse Elemente aussehen sollen

■ PGP (Pretty Good Privacy)

■ SSL (Secure Socket Layer)

■ VPN (Virtual Private Network)

GdI

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

© Bernd Schnitzer, Claus-Uwe Linster, u.a. , Universität Erlangen-Nürnberg, Verteilte Systeme und Betriebssysteme,

SS 2021background_kap07-rechnernetze.druck 2002-07-10 13.04

B7-36

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.