

Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

Background

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

7.1 Geschichte

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

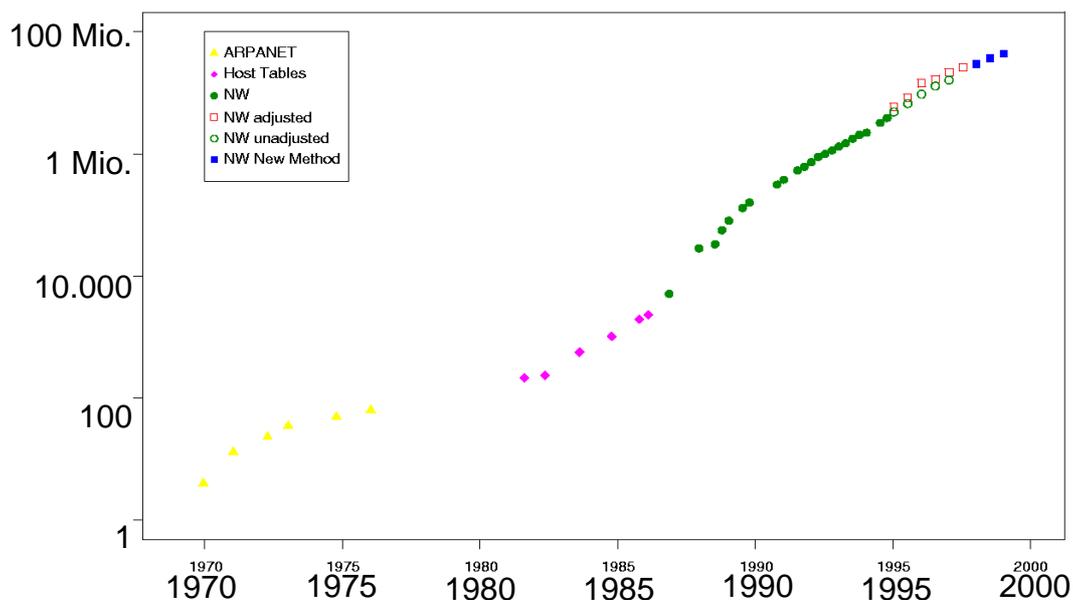
1 Entwicklung

■ 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. ?

2 Wachstum

Rechner im Internet 1969 - 1999



◆ 1 Milliarde WWW-Seiten durch Suchmaschinen indiziert [\(geschätzt: 550 Mrd ex. tatsächlich\)](#)

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 MBit/s	1 GBit/s
2003:	1 GBit	?

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

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 (Adress Resolution Prot.) RFC 826 November 1982 10 Seiten
 - RARP (Reversed Adress ...) RFC 903 Juni 1984 4 Seiten

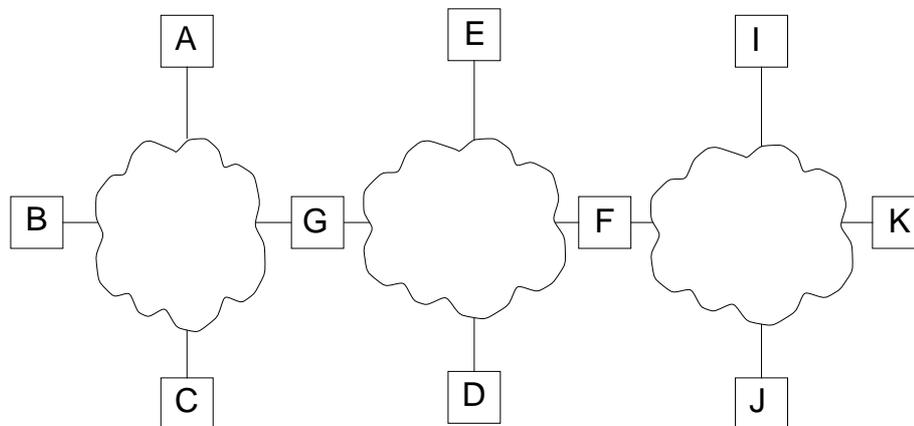
7.3 Struktur und Funktionsweise

1 Hardware

- Medien:
 - **Ethernet** (10/100 MBit/s, 50-500m) ([46-1522 Bytes Nutzinfo](#))
Bus-System mit CSMA/CD
(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)
Gigabit-Ethernet über Glasfaser
 - **Token Ring** (4/16 MBit/s, 150-300m zw. Repeatern); (IBM)
([Echtzeitfähig, Nutzinfo variabel, hängt von der maximalen "token-holding"-Zeit ab](#))
 - **FDDI** (100 MBit/s, ca. 100km; Fiber Distributed-Data Interface)
 - **ATM** (155/622/+ MBit/s, variabel; Asynchronous Transfer Mode)
([Frames: 53 Bytes, davon 48 Bytes Nutzinfo](#)) ([ISDN](#))
- Verbindung von Netzen:
 - Gateways / Router / Switches

2 Struktur

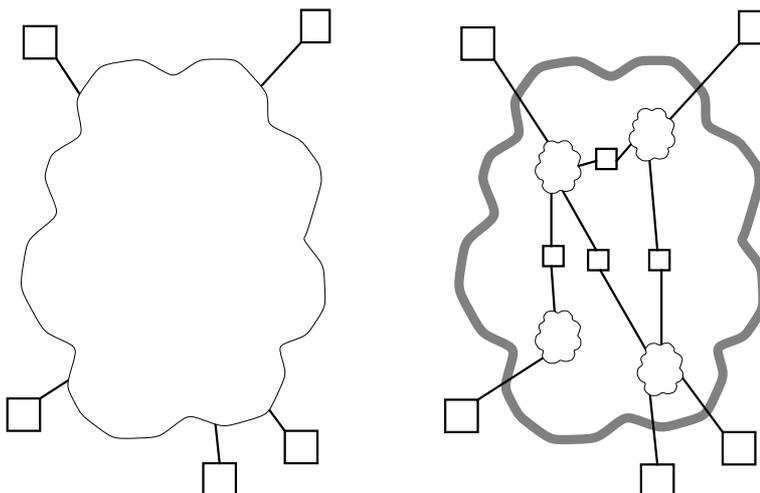
- **Internet** = Verbund vieler Einzelnetze zu einem virtuellen Gesamtnetz
- Beispiel: Verknüpfung von drei Netzwerken



- G und F sind Gateways

2 Struktur

- **Benutzersicht** **Systemsicht**



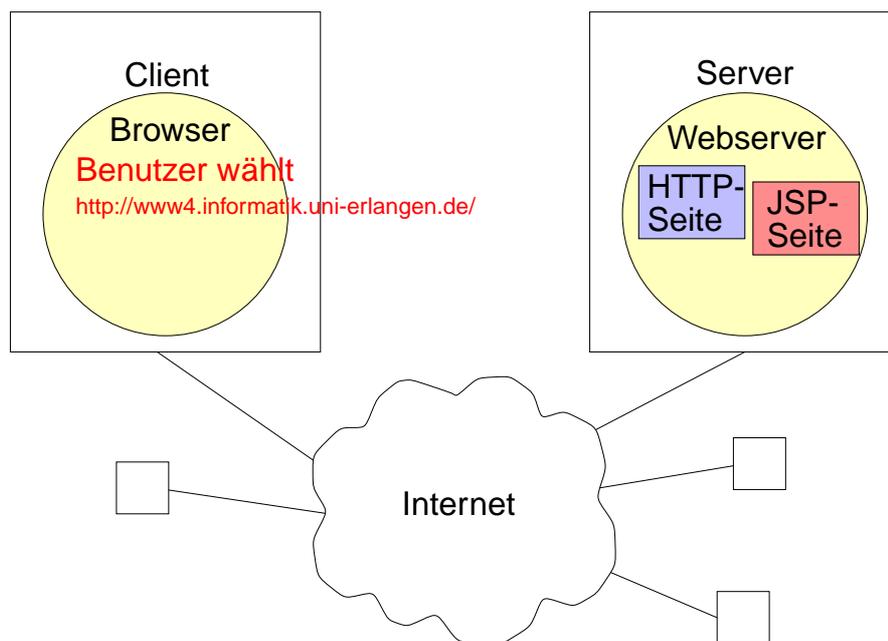
- Für "normale" Anwendungsprogrammierung reicht Benutzersicht
- Verstehen von Sicherheitsproblematiken erfordert Detailwissen

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

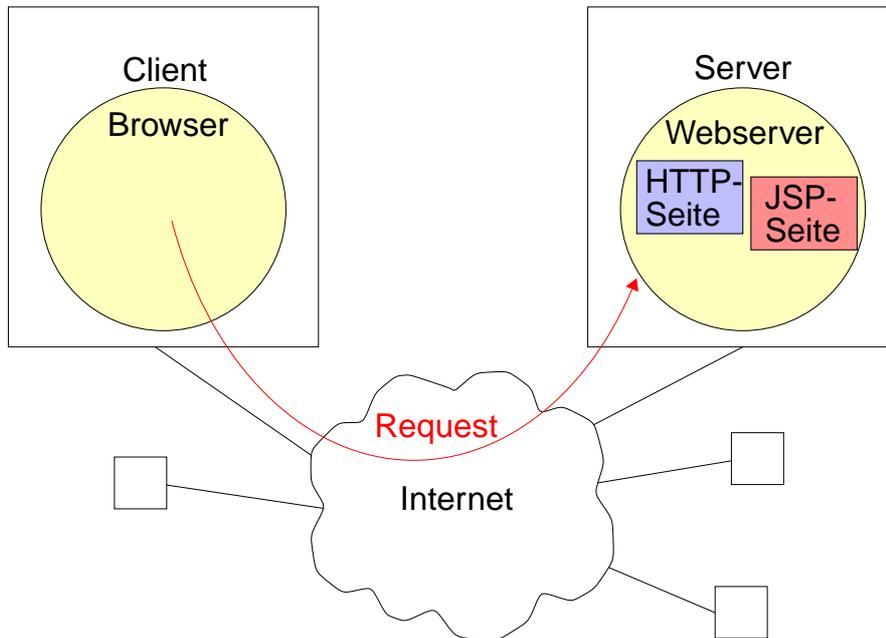
3 Client-Server-Modell

- Beispiel: Webserver



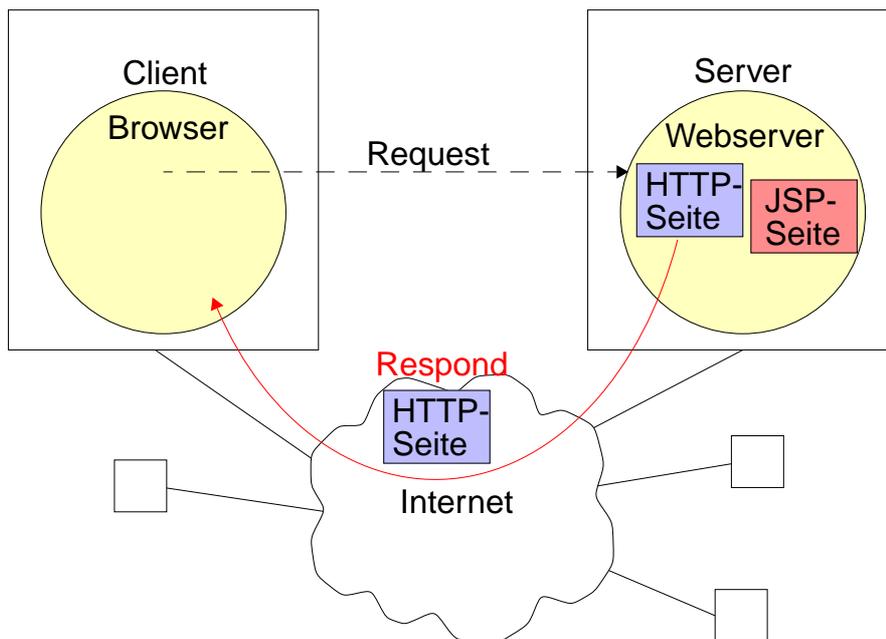
3 Client-Server-Modell

■ Beispiel: Webserver



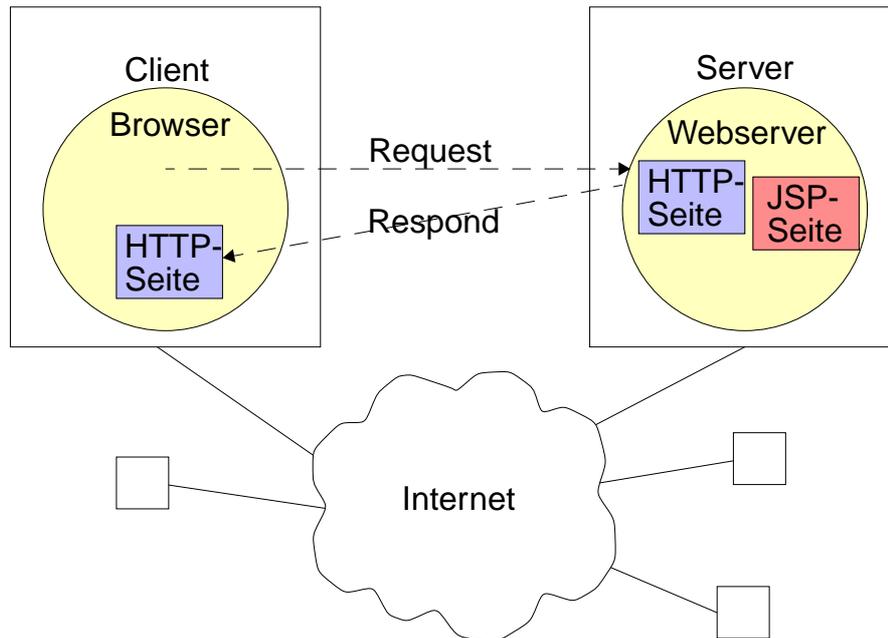
3 Client-Server-Modell

■ Beispiel: Webserver



3 Client-Server-Modell

■ Beispiel: Webserver

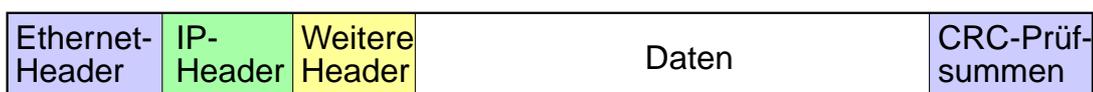


4 Adressierung und Routing

■ 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:



4 Adressierung und Routing

■ Aufbau von Ethernet- und IP-Header

0	16	31
Präambel (0 - 31)		
Präambel (32 - 63)		
Ziel-Adresse (0 - 31)		
Ziel-Adresse (32 - 47)		Quell-Adresse (0 - 15)
Quell-Adresse (16 - 47)		
Paket-Typ	Version (0x40), Kopflänge (5)	Diensttyp
Paketlänge (in Bytes)	Fragmentidentifikator	
Fragmentadresse	Max. Zahl an 'hops'	Protokoll
Prüfsumme	IP-Adresse der Quelle (0 - 15)	
IP-Adresse der Quelle (16 - 31)	IP-Adresse des Ziels (0 - 15)	
IP-Adresse des Ziels (16 - 31)	Optionen	
Optionen	Füllbyte	Daten (Bytes 0 - 1)
Daten (Bytes 2 - 5)		
. . .		
CRC-Prüfsumme		

- IP-Paket ist in Ethernet-Frame eingebettet

4 Adressierung und Routing

■ 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)

4 Adressierung und Routing

■ DNS – Domain Name System

- Abbildung von Rechnernamen auf IP-Adressen
- Erlaubt Benutzerfreundliche Namen:

– Beispiele: www.config.de

 fai40.informatik.uni-erlangen.de

4 Adressierung und Routing

■ 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:

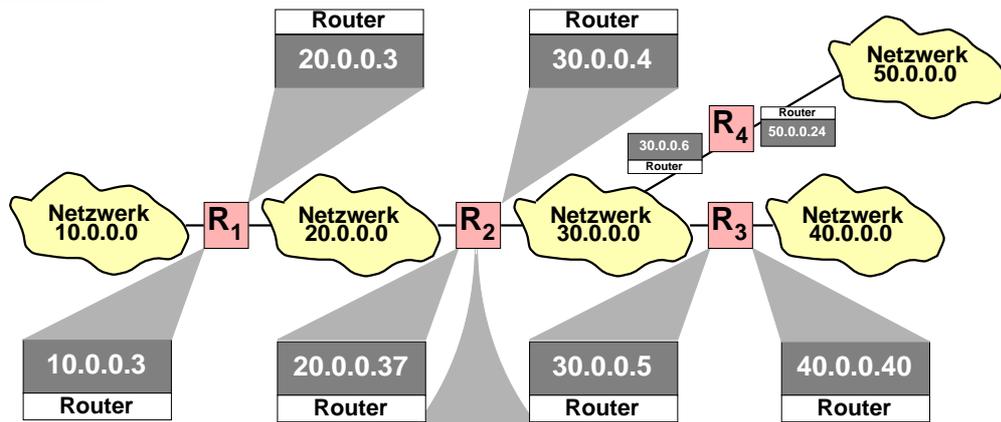
– direktes Routing

Quelle und Ziel auf demselben physikalischen Netz => direkte Zustellung des Pakets; MAC entspr. IP

– indirektes Routing

Ziel in anderem Netz => Paket wird zu einem Router geschickt; MAC vom Router, IP vom Zielrechner

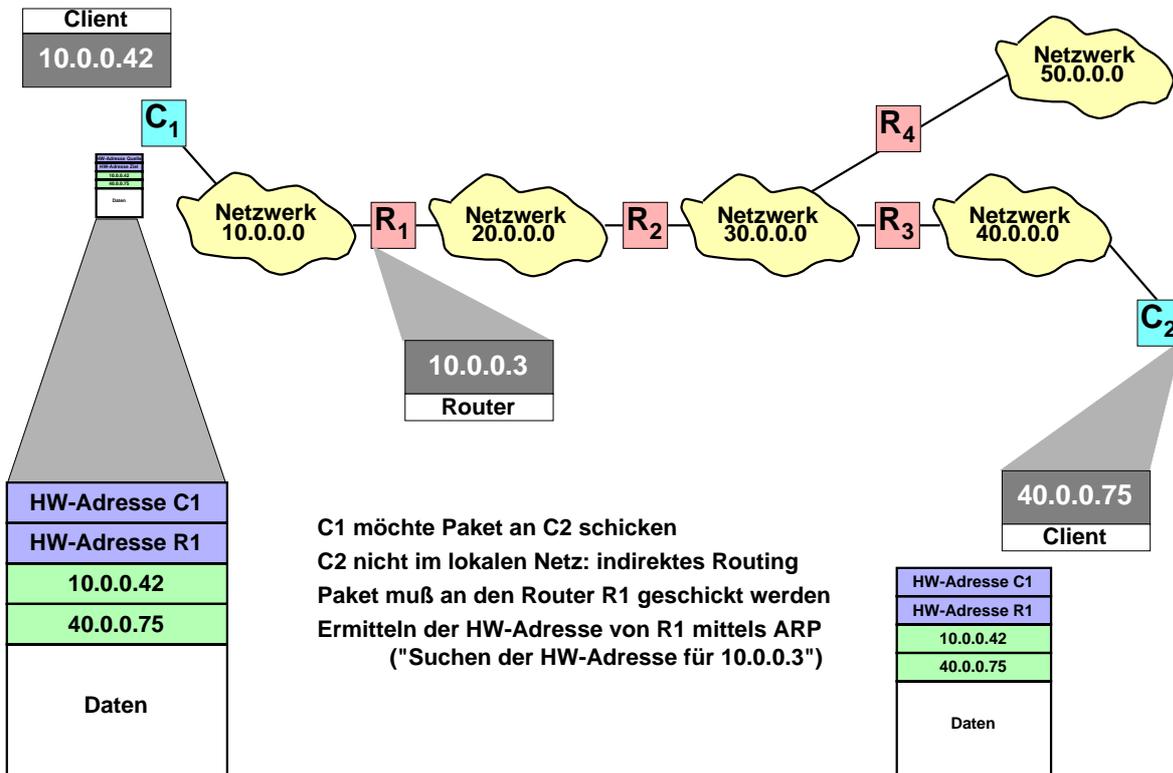
4 Adressierung und Routing



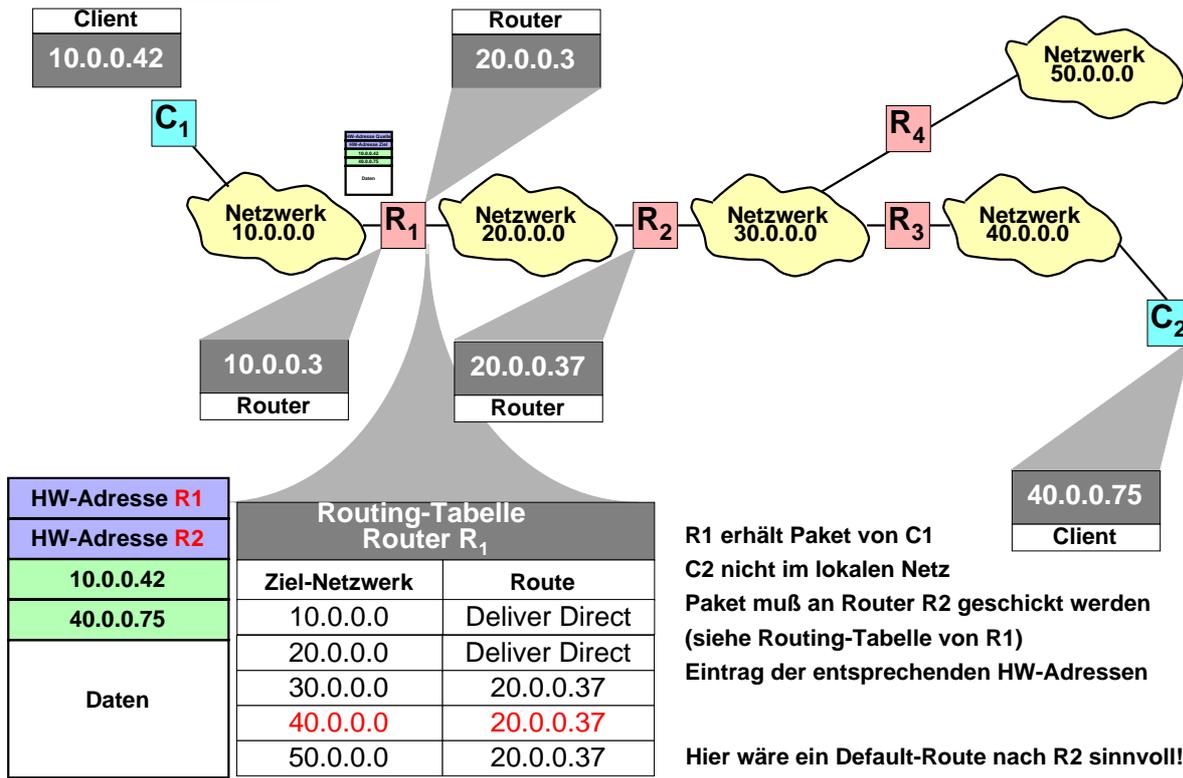
Router und Routing-Tabellen

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

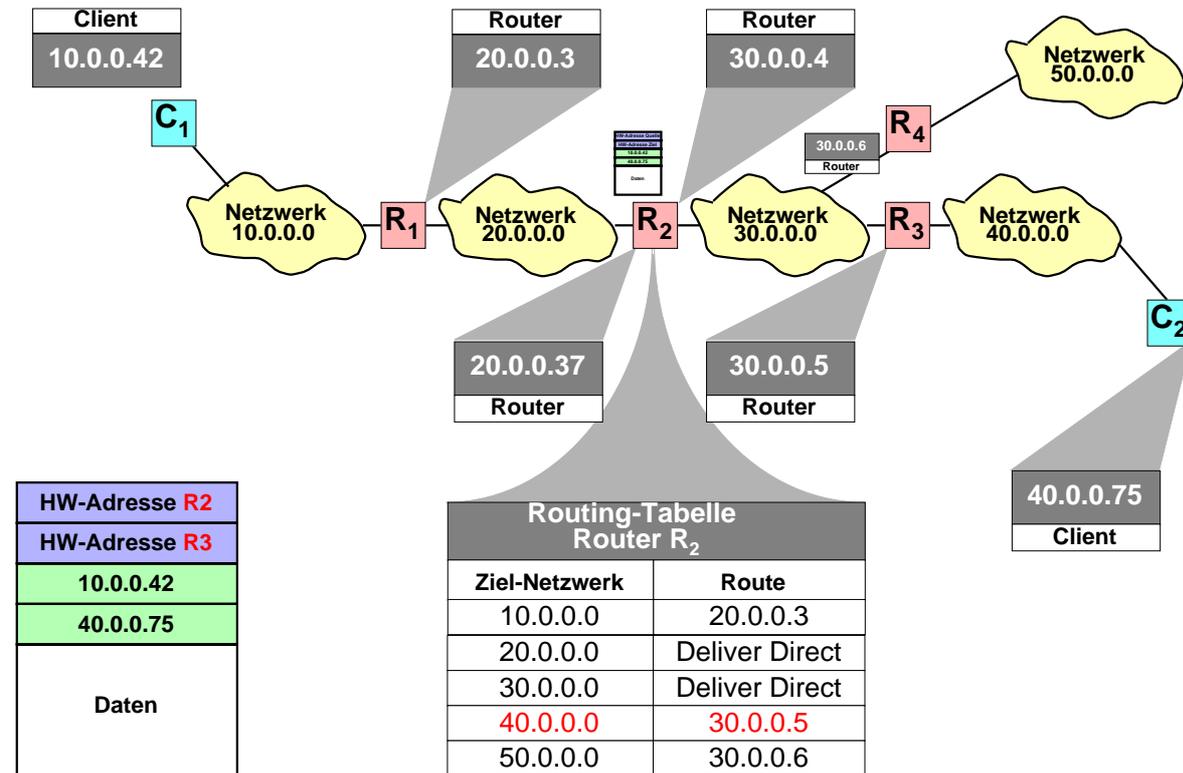
4 Adressierung und Routing



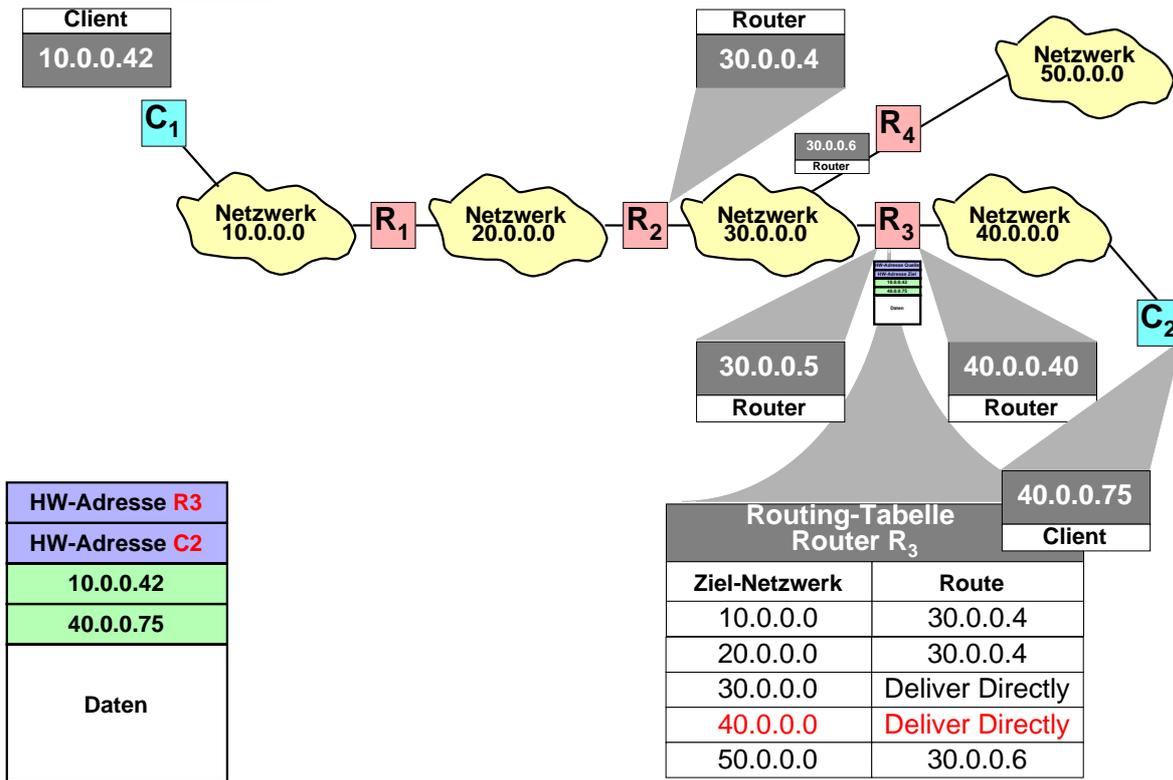
4 Adressierung und Routing



4 Adressierung und Routing

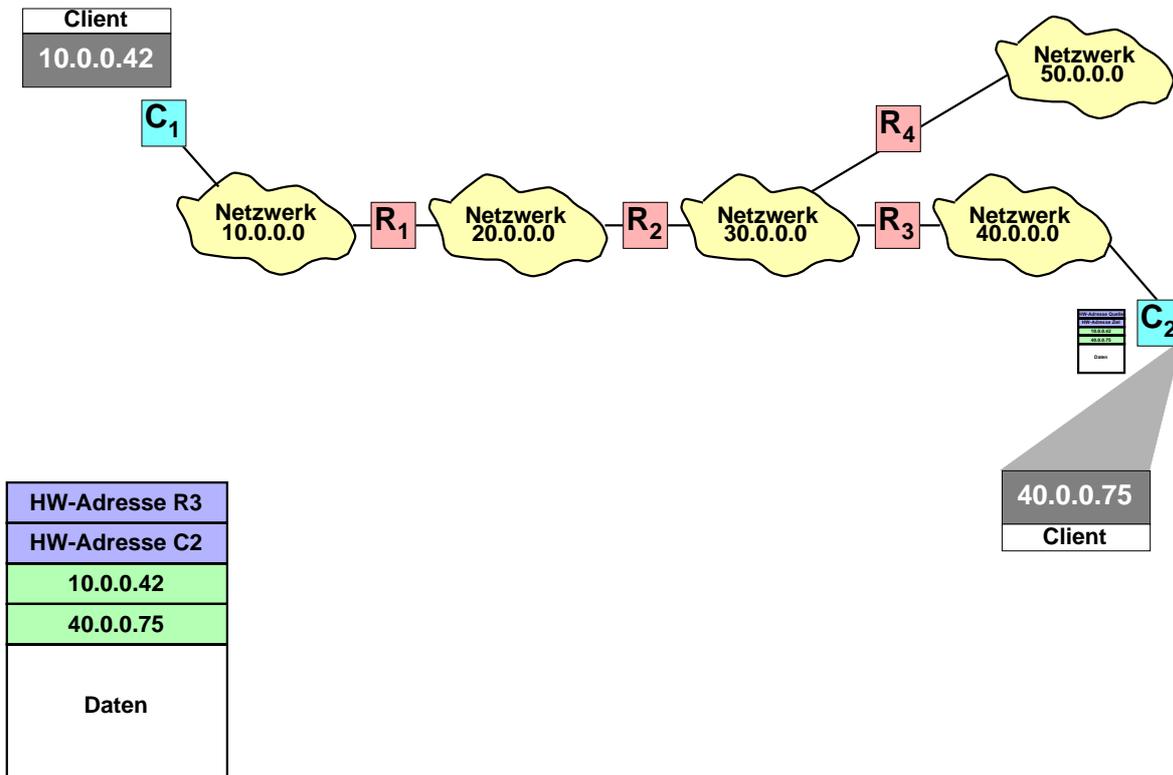


4 Adressierung und Routing



HW-Adresse R3
HW-Adresse C2
10.0.0.42
40.0.0.75
Daten

7.3.4.0 Adressierung und Routing



HW-Adresse R3
HW-Adresse C2
10.0.0.42
40.0.0.75
Daten

4 Adressierung und Routing

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.pr1.fra1.de.mfnx.net (216.200.116.97)  24.076 ms  24.181 ms  24.063 ms
10  so-0-1-0.crl.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.crl.lhr3.uk.mfnx.net (64.125.31.154)  43.539 ms  43.507 ms  43.452 ms
13  so-7-0-0.crl.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

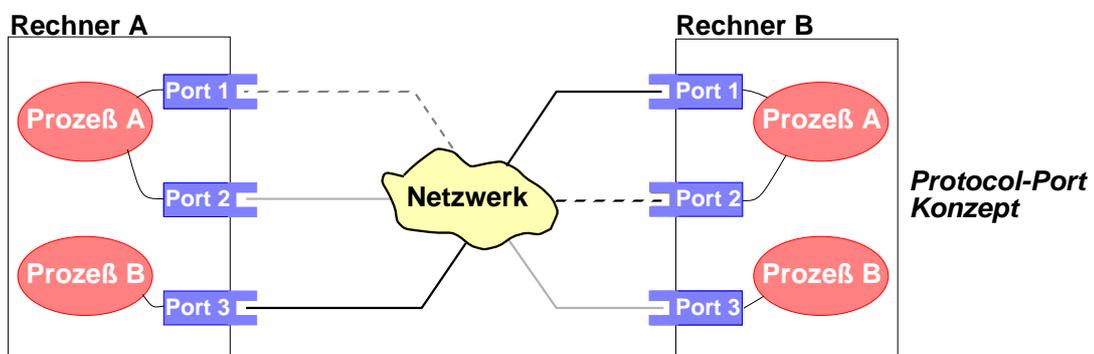
```

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

4 Adressierung und Routing

Adressierung von Diensten

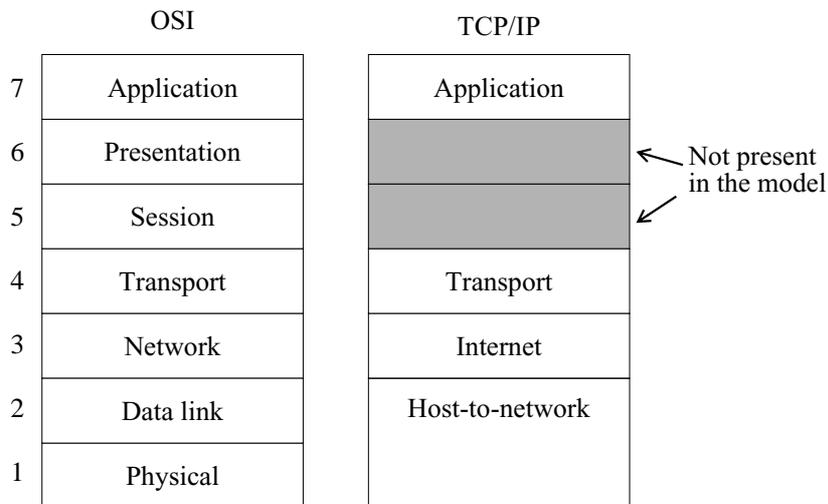
- IP: nur Adressierung von Rechnern
- Dienste / Services können über **Ports** angesprochen werden
 - Dienste verwenden normalerweise UDP oder TCP
 - ➔ UDP/TCP-Adresse = IP-Adresse + Portnummer des Dienstes



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

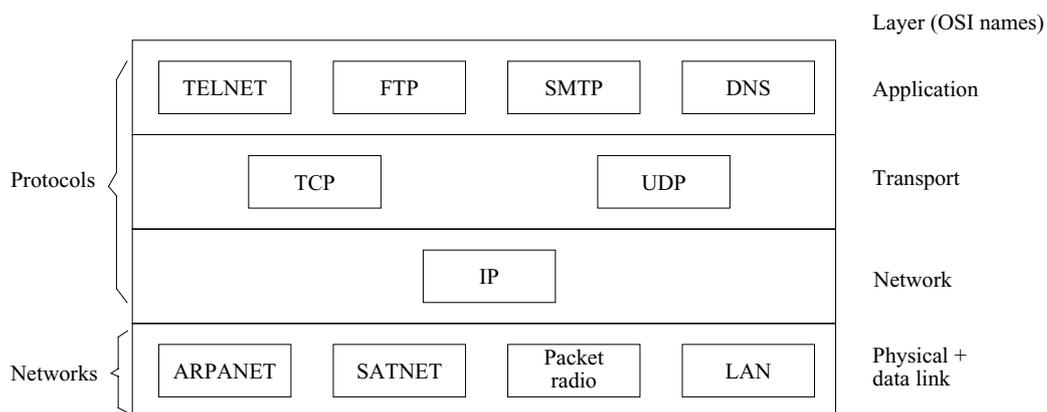
7.4 Protocol-Layers

1 OSI - TCP/IP - Reference-Modell



The TCP/IP reference model (nach Tanenbaum)

2 TCP/IP - Protocol



Protocols and network in the TCP/IP model initially (nach Tanenbaum)

7.5 Dienste / Höhere Protokolle etc.

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

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)

3 TCP-basierte Dienste

- **SMTP** (Simple Mail Transfer Protocol)
 - Transportieren 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

3 TCP-basierte Dienste

- **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
- ...

7.6 WWW

- Ursprünglich statisch
 - **HTML** (Hypertext Markup Language)
 - = Sprache zum Beschreiben von Hypertexten inklusive ihres Layouts; Grundlage sind Tags: Textauszeichnungen
 - **HTTP** (Hypertext Transfer Protocol)
 - = über TCP/IP

- Client-Side Scripting:
 - JavaScript
 - Applets

7.7 WWW

- Server-Side Scripting:
 - **SHTML** (Server-Side Include)
 - **CGI** (Common Gateway Interface)
 - Oft zum Bearbeiten von Forms
 - Programmierung in C, C++, Perl, Java, ...

7.7 WWW

■ Server-Side Scripting (cont.):

- **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