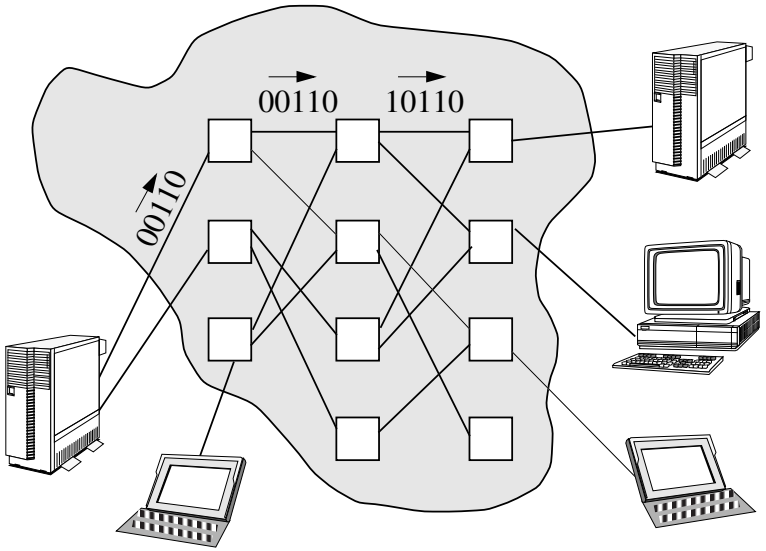
Vernetzte Systeme

F. Mattern

Departement Informatik
ETH Zürich



- Sicherer und effizienter Datentransport zwischen räumlich verteilten Computern
- Rechner = PCs, Datenbank-Server, Personen über mobile phones,...

© F. Mattern 1999

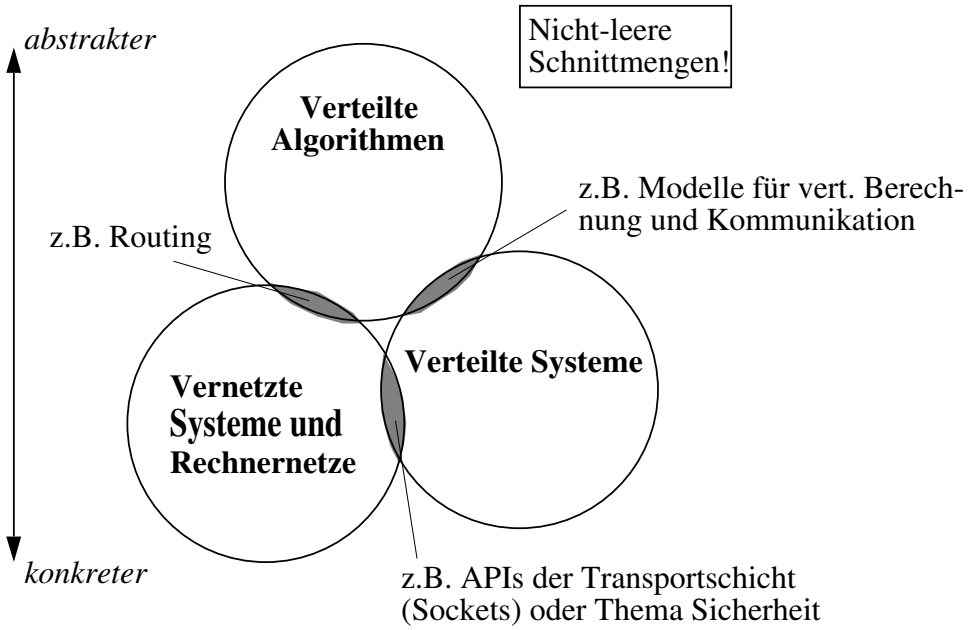
Organisatorisches zur Vorlesung

- 2-stündige Vorlesung im Grundstudium
- 1 Stunde Übung pro Woche
  - theoretische Aufgaben zur Vertiefung des Vorlesungsstoffes
  - praktische Aufgaben zur Ergänzung der Vorlesung
  - jede Woche ein Aufgabenblatt (Bearbeitungszeit: ca. 1 Woche)
  - Bearbeitung in Zweiergruppen erwünscht
- Kein Skript, aber Folienkopien
  - jeweils in der darauffolgenden Vorlesung / Übung ausgedruckt
  - im WWW einige Tage nach der Vorlesung
- Lehrbücher (--> Literaturhinweise später)
- Testatbedingungen
  - 80% aller Aufgaben bearbeitet
  - davon die Hälfte (richtig) gelöst
  - keinesfalls: von anderen abschreiben
- Verantwortlicher Assistent: Kay Römer
  - roemer@inf.ethz.ch
- Meine E-mail-Adresse: mattern@inf.ethz.ch
- Homepage der Vorlesung im Internet
  - **`www.inf.ethz.ch/department/IS/vs/lectures/WS9900/VS/`**
- Alles weitere auf dem ausgeteilten Merkblatt

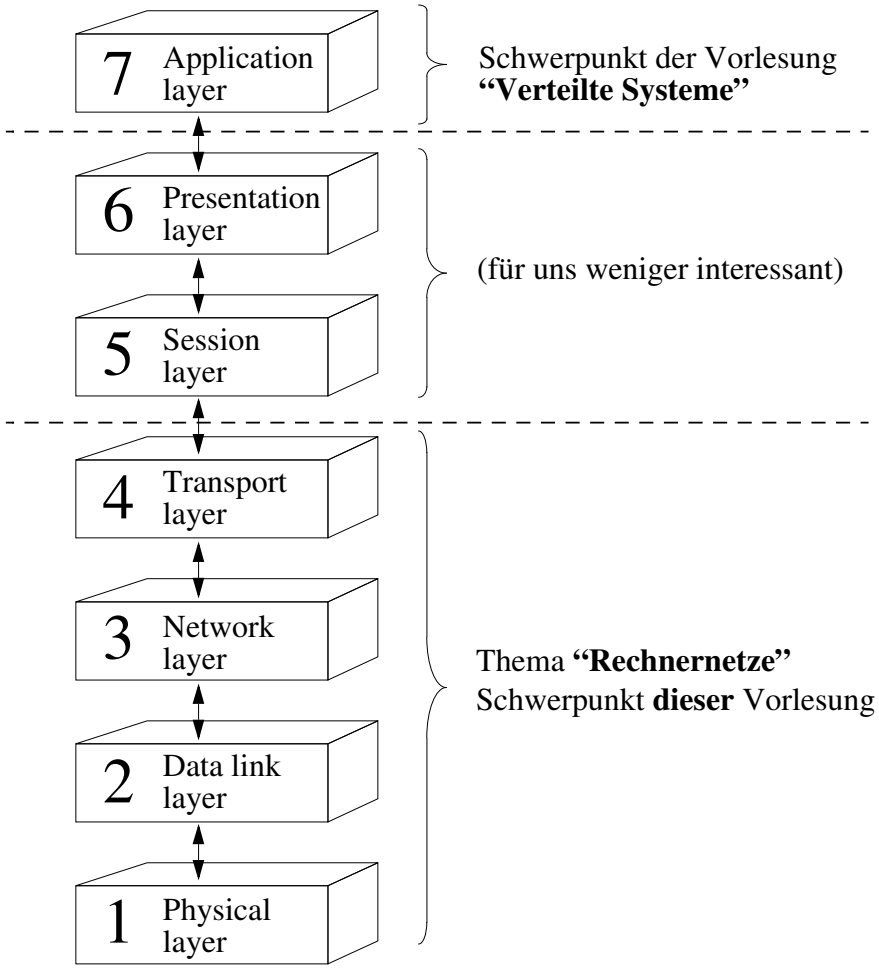
Weitere relevante Veranstaltungen

... im Fachstudium!

- Mattern (bzw. Plattner): *Verteilte Systeme*, 4st
- Mattern (bzw. Widmayer): *Verteilte Algorithmen*, 3st
- *Mobile Computing* (geplant)
- *Ubiquitous Computing* (geplant)
- Einschlägige *Seminare*
- *Semester- und Diplomarbeiten*



Rechnernetze und verteilte Systeme



Übersicht

Die Veranstaltung befasst sich mit den Prinzipien und den wichtigsten Charakteristika moderner Rechnernetze und verteilter Systeme.

Schwerpunkte sind:

- Motivation und Geschichte der Kommunikation
- Nachrichtentechnische Grundlagen
- Lokale Netze (u.a. Ethernet, CSMA/CD)
- Schichtenmodelle
- Protokolle
- Überblick zu TCP/IP
- Internet (Adressen, Struktur, Dienste)
- Routing
- Verteilte Systeme

Literatur:

- *A.S. Tanenbaum*: “Computer Networks”, Prentice Hall (3rd edition 1996), ISBN 0-13-394248-1

- *F. Halsall*: “Data Communications, Computer Networks and Open Systems”, Addison Wesley (4th edition 1996), ISBN 0-201-42293-X

- *L. Peterson; B. Davie*: “Computer Networks - A Systems Approach”, Morgan Kaufmann (1996), ISBN 1-55860-368-9

- *W. Stallings*: “Data and Computer Communications”, Prentice-Hall, (5th edition, 1997)

- *W. P. Kowalk; M. Burke*: “Rechnernetze”, Teubner (1994), ISBN 3-519-02141-2

- *D. Comer*: “Computer Networks and Internets”, Prentice Hall, ISBN 0-13-239070-1, 1997

- *G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg*: Distributed Systems - Concepts and Design, Addison-Wesley, ISBN 0201624338, 1994

- *M. Weber*: Verteilte Systeme, Spektrum-Verlag, ISBN 3827402212, 1998

Die Informationsgesellschaft

Schlagworte: Datenautobahn, Internet

Kommunikationsnetze zusammen mit leistungsfähigen Multimedia-PCs etc.:

noch so ein Schlagwort

- Datenbanktechnologie
- Software
- Benutzerschnittstellen
- ...

--> weltweite Verfügbarkeit von Information
--> Telearbeitsplätze
--> neue Dienstleistungen
--> Electronic Commerce
--> ...

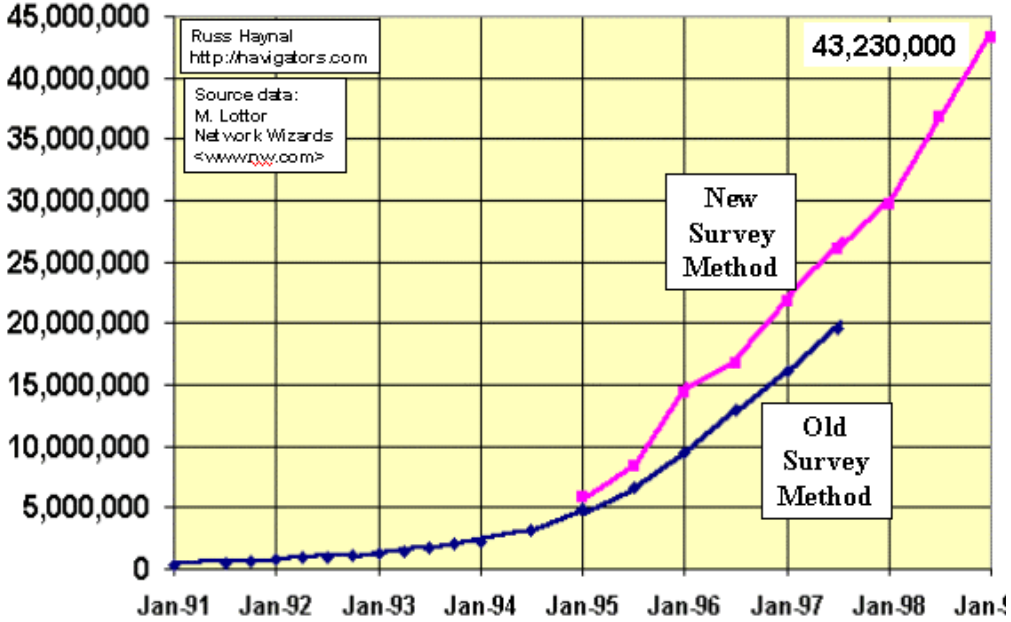
bedeutender Wirtschaftsfaktor!

Zugrundeliegende “Technik” muss verstanden und beherrscht werden! --> Vorlesung...

Nachfolgend

1) einige Bilder zum Wachstum des Internet
2) einige Bilder zur “Informationsgesellschaft”

Internet Hosts 1991-1999



http://navigators.com/statall.gif

Internet Domain Survey, July 1999
Number of Hosts and Domains advertised in the DNS

Date	Hosts	Domains
Jul 99	56,218,000	
Jan 99	43,230,000	
Jan 98	29,670,000	
Jul 97	19,540,000	
Jan 97	16,146,000	828,000
Jul 96	12,881,000	488,000
Jan 96	9,472,000	240,000
Jul 95	6,642,000	120,000
Jan 95	4,852,000	71,000
Jul 94	3,212,000	46,000
Jan 94	2,217,000	30,000
Jul 93	1,776,000	26,000

http://www.isc.org/dsview.cgi?domainsurvey/WWW-9907/report.html

Anzahl der Internet Hosts

Date	Hosts
08/81	213
05/82	235
08/83	562
10/84	1,024
10/85	1,961
02/86	2,308
11/86	5,089
12/87	28,174
07/88	33,000
10/88	56,000
01/89	80,000
07/89	130,000
10/89	159,000
10/90	313,000
01/91	376,000
07/91	535,000
10/91	617,000
01/92	727,000
04/92	890,000
07/92	992,000
10/92	1,136,000
01/93	1,313,000
04/93	1,486,000
07/93	1,776,000
10/93	2,056,000
01/94	2,217,000
07/94	3,212,000
10/94	3,864,000
01/95	4,852,000
07/95	6,642,000
01/96	9,472,000
07/96	12,881,000
01/97	16,146,000
07/97	19,540,000
01/98	29,670,000
07/98	36.739,000
01/99	43,230,000
07/99	56,218,000

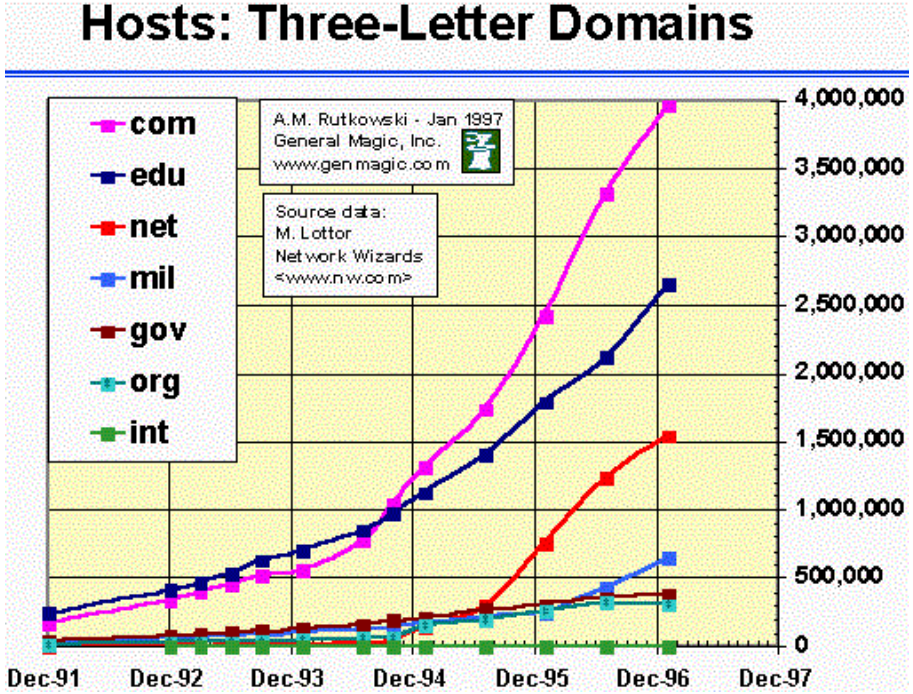
Wann fing das eigentlich an?

Etwa ab dieser Zeit schlossen sich vermehrt europäische Unis ans Internet an

Wann hat man selbst erstmalig bewusst vom Internet gehört?

http://www.nw.com/zone/host-count-history

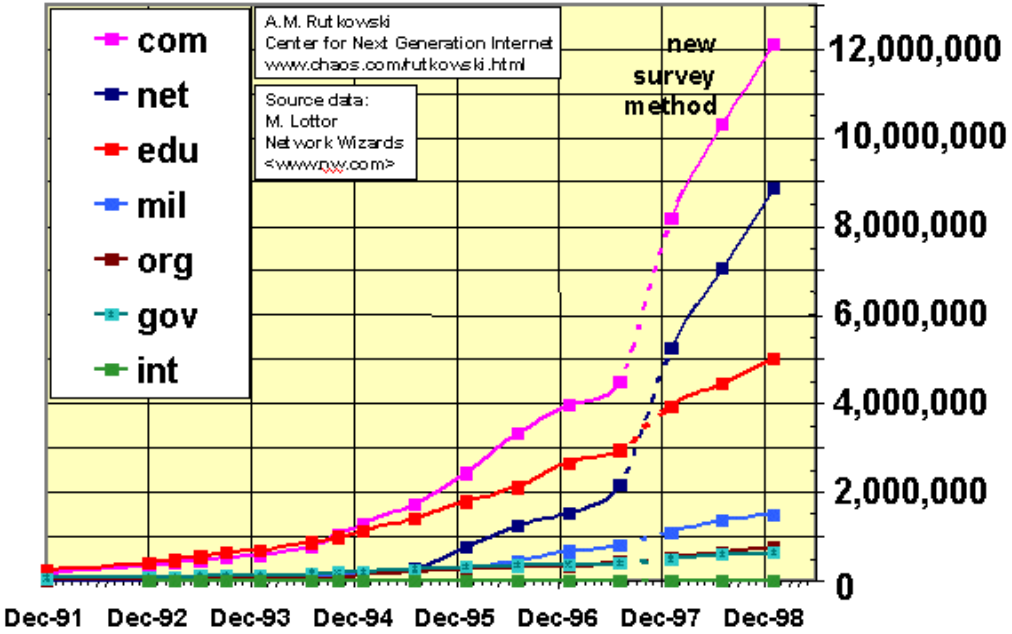
Kommerzialisierung des Internet



http://navigators.com/statdom.gif

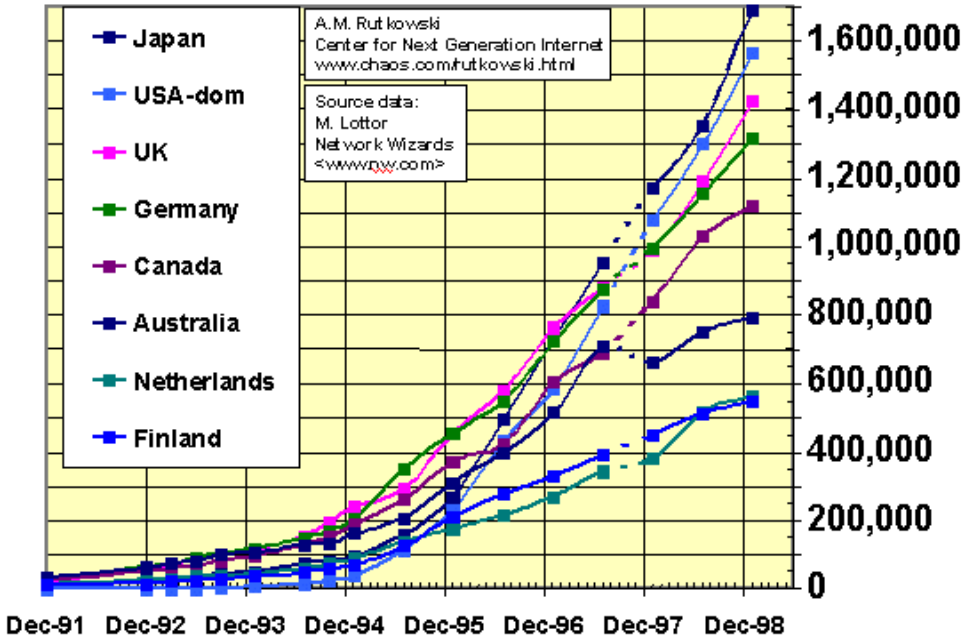
“com” majorisiert “edu” 1994 ==>
Kommerzialisierung des Internet

Three-Letter-Domains 1999

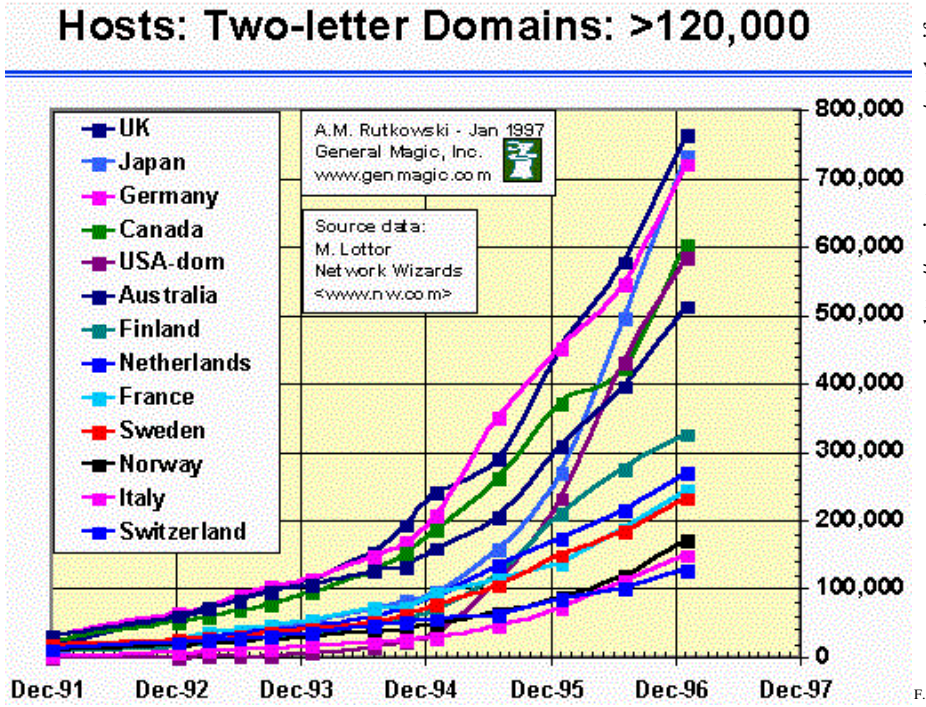


http://navigators.com/statdom.gif

Hosts: Two-letter Domains, >500,000

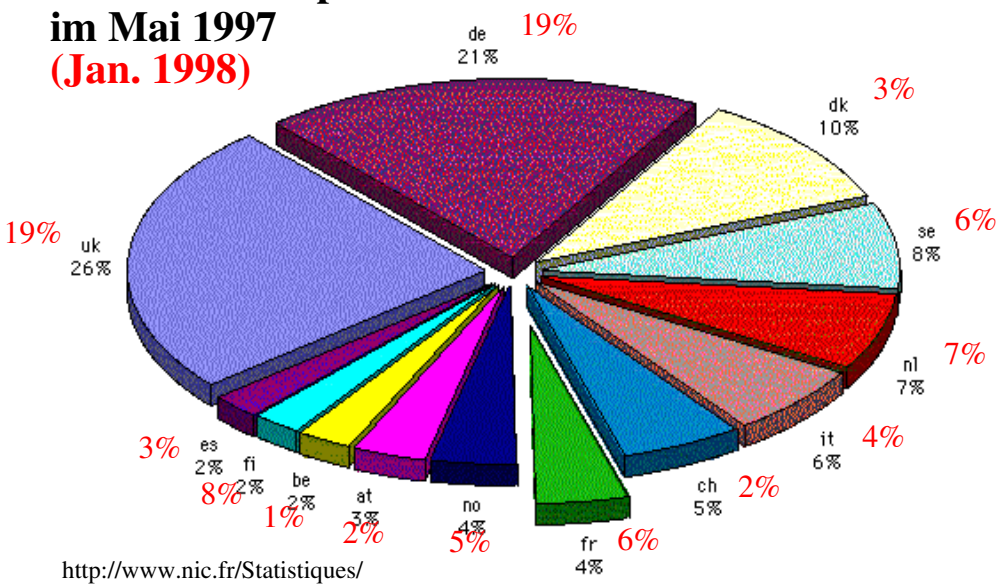


Hosts: Two-letter Domains: >120,000

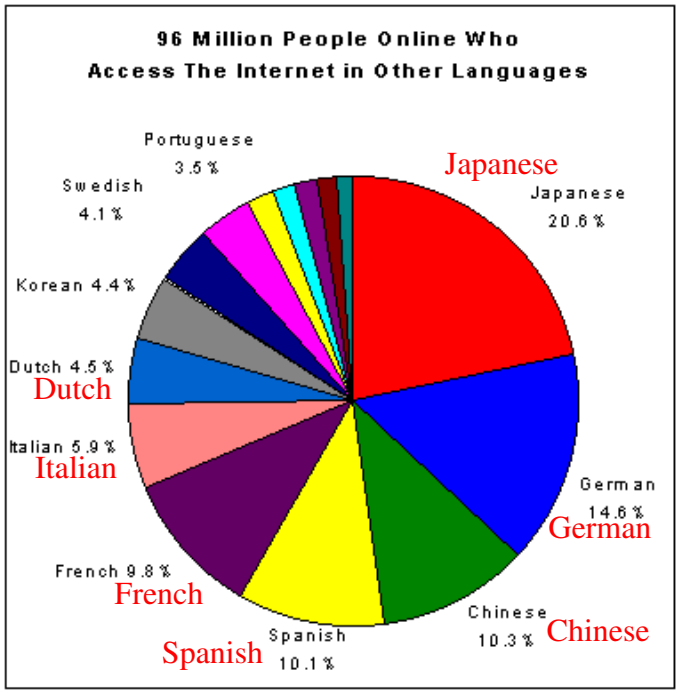


http://navigators.com/stat1.gif

Anteile in Europa im Mai 1997 (Jan. 1998)



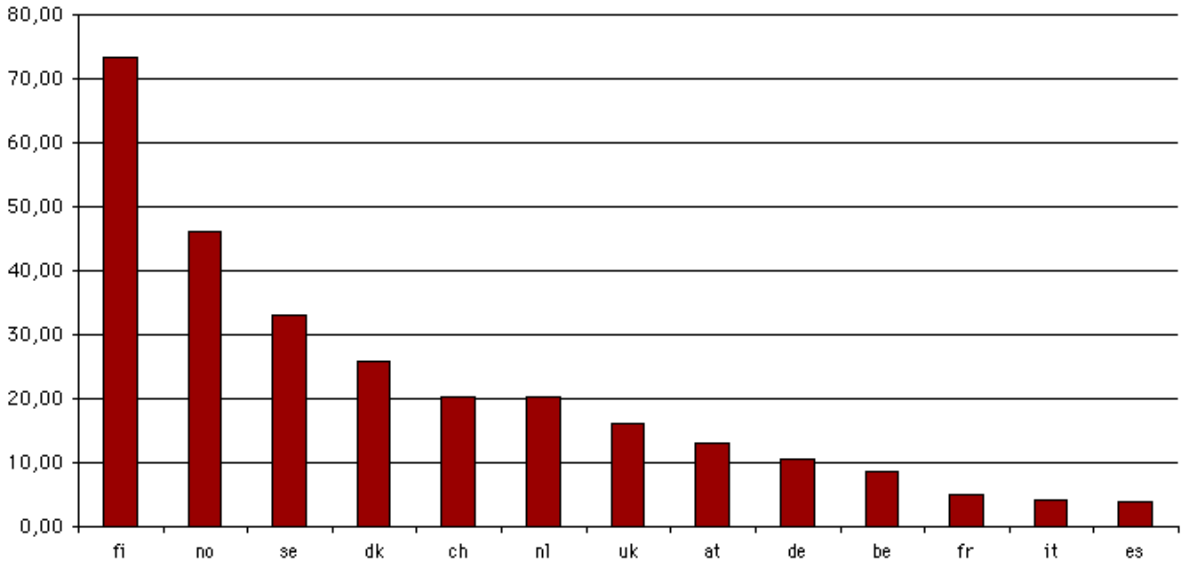
http://www.nic.fr/Statistiques/HostCount/dns-eu-cam.gif



1999

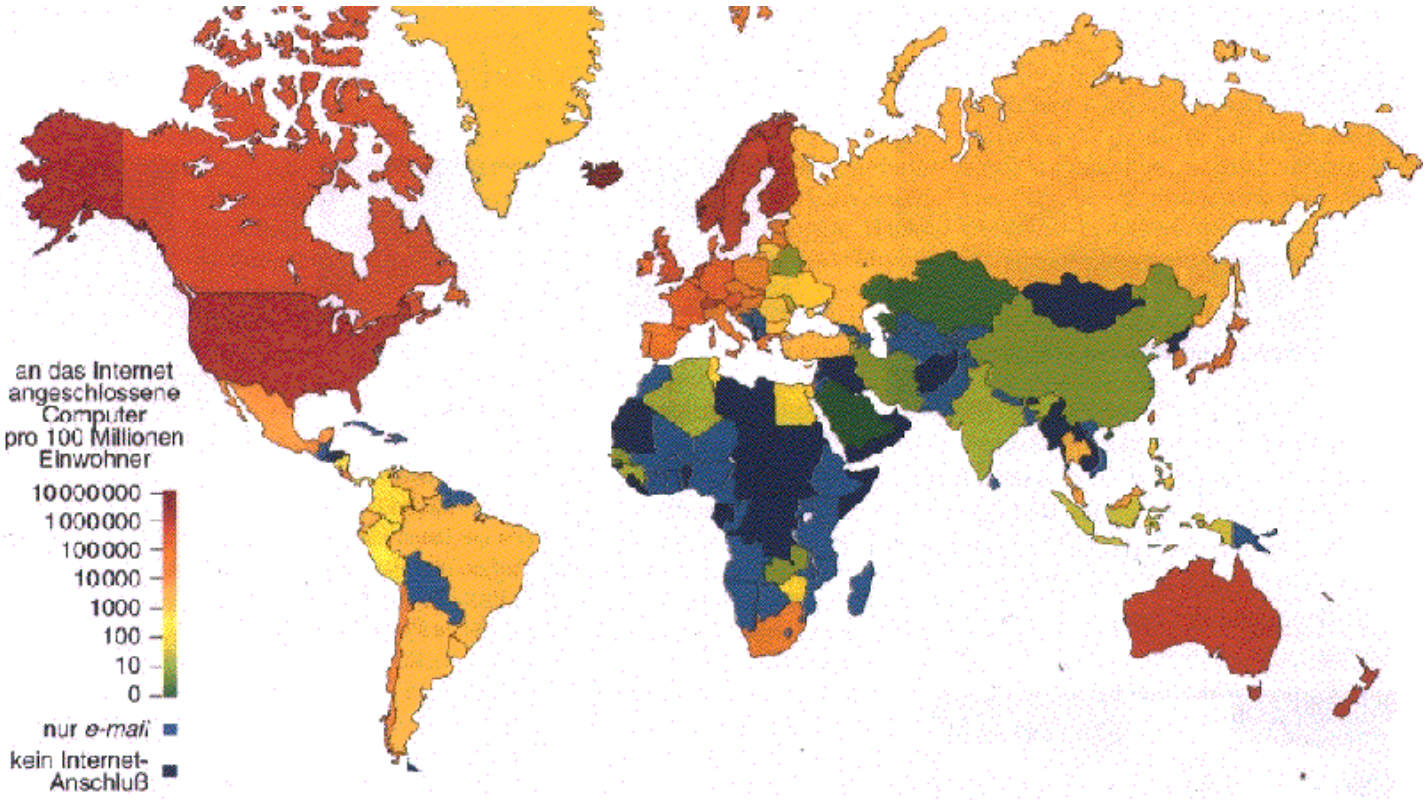
http://www.euromktg.com/globstats/chart.gif

Internet-Hosts pro 1000 Einwohner, Mai 1997



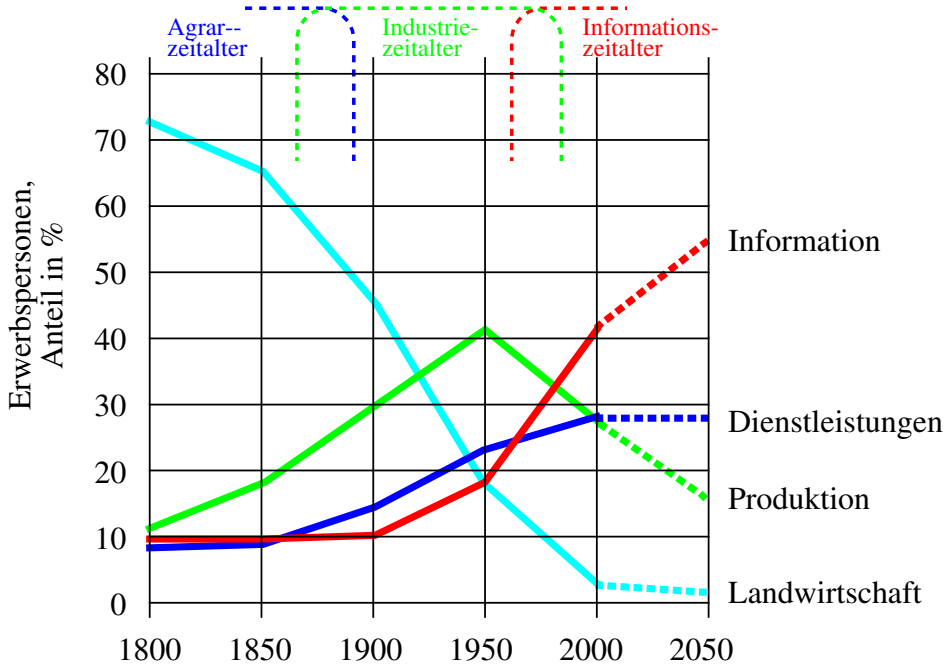
http://www.nic.fr/Statistiques/HostCount/RepHabEurope.gif

Internet-Verbreitung (ca. Anfang 1996)



Das Informationszeitalter

- Hier dargestellt am Vier-Sektoren-Modell:



Quelle: L.A. Nefiodow: Der fünfte Kontinent sowie Institut für Arbeitsmarktentwicklung und Berufsforschung (1995)

Die Informationsgesellschaft

Bildlegenden zu den ausgewählten Abbildungen aus “Die Informationsgesellschaft - Fakten, Analysen, Trends”, Bundesministerium für Wirtschaft, BRD, Referat Öffentlichkeitsarbeit, 53107 Bonn, Nov. 1995

Zu den Abbildungen vgl.
http://www.bmwi-info2000.de/gip/fakten/zeitbild/kapitel4.html

1) Das Vier-Sektoren-Modell

Die hochindustrialisierten Länder entwickeln sich zu Informationsgesellschaften. Immer weniger Arbeitskräfte werden im Sektor Produktion beschäftigt, während der Dienstleistungsbereich, insbesondere bei den Informationsdiensten, stark anwächst. Gegenwärtig sind ca. 50 Prozent aller Erwerbstätigen in Deutschland dem Sektor Information zuzurechnen - mit steigender Tendenz.

Quelle: Institut für Arbeitsmarktentwicklung und Berufsforschung (1995)

2) Entwicklung interaktiver Services (Umsatz in Milliarden DM)

Die CD-ROM ist das bisher erfolgreichste Offline-Medium. In naher Zukunft werden die meisten digitalisierten Inhalte über einen Online Vertriebsweg verfügbar sein und zu einem Umsatzrückgang bei Offline-Medien führen. Insbesondere aktuelle und individuelle Informationen (z.B. Wetterdaten, Börsenkurse), Transaktionen (z.B. Telebanking, Reisebuchungen) und die individuelle Kommunikation (E-Mail) können nur über Online-Verbindungen angeboten werden. Die technische Entwicklung führt zur Verschmelzung von Personal Computer und Fernseher.

Quelle: Bertelsmann AG (1995)

3) Marktführer im Bereich der Informations- und Kommunikations-Technik

Die erfassten Informations- und Kommunikationsumsätze beziehen sich auf Ausrüstung und Dienstleistungen, die in Zusammenhang mit dem Aufbau von Netzen, Datentransfers und dem Anschluss zu elektronischen Information stehen. Die Deutsche Telekom AG ist, gemessen an den Umsätzen, das grösste Unternehmen der Telekommunikation in Europa. Würde NTT, wie jüngst von einer japanischen Regierungskommission vorgeschlagen, aufgespalten, wäre AT&T das grösste Unternehmen der Informations- und Kommunikations-Branche.

Quelle: ITU (Fernmeldeunion der Vereinten Nationen), Genf/BMWi AG Info (1994)

4) Verbreitung von PCs 1995 (PC/100 Einwohner)

Die USA liegen in der Verbreitung von PCs zusammen mit der Schweiz weltweit vorn. Die grössten Zuwächse erzielten im letzten Jahr Dänemark und Norwegen (beide +7 PC/100 EW), gefolgt von Schweden und der Schweiz (beide +6 PC/100 EW). In Deutschland besitzen 19 von 100 Einwohnern einen PC (Zuwachs von 1994: 4 PC/ 100 EW).

Quelle: EITO/Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI (1995)

5) Die Welt der Mikroelektronik

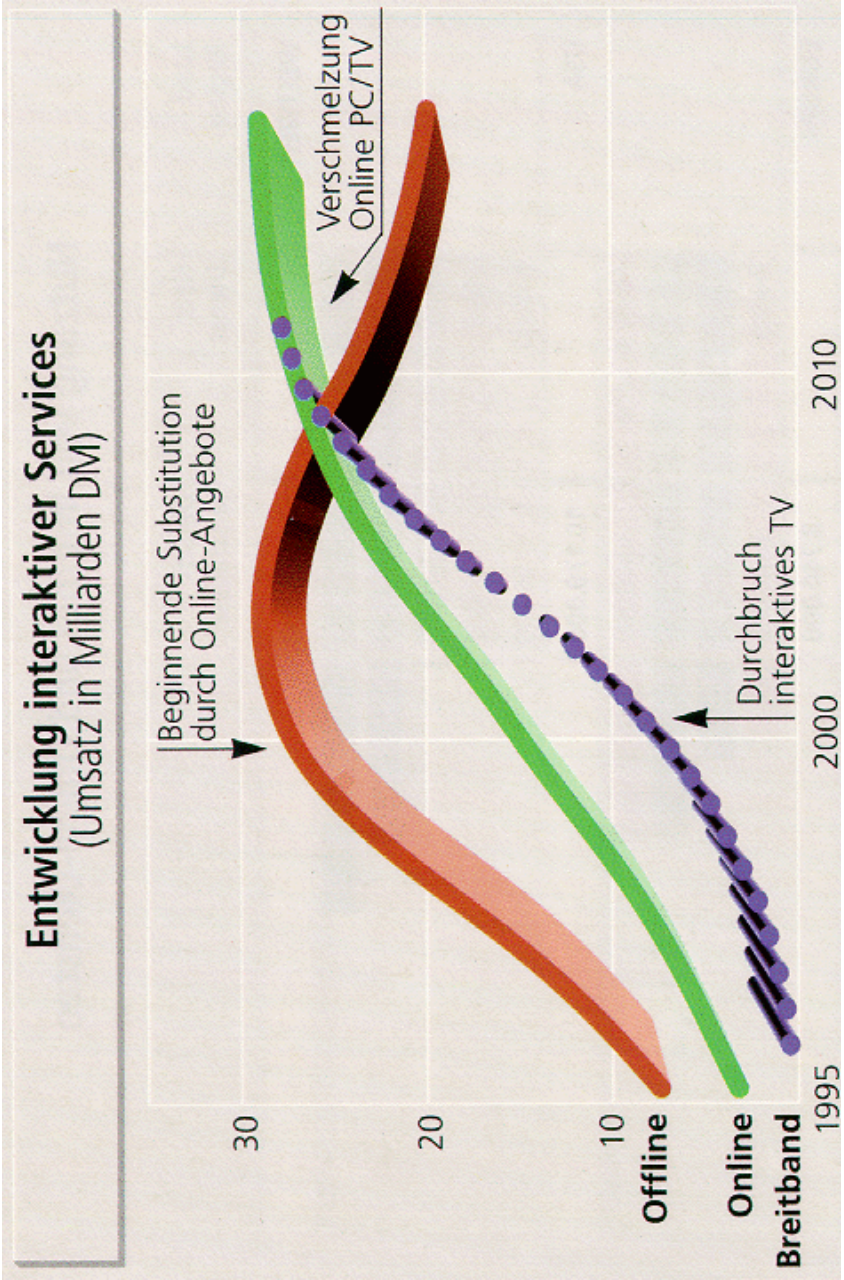
Die Mikroelektronik hat sich zu einer Schlüsseltechnologie entwickelt, die aus den meisten Wirtschaftszweigen nicht mehr wegzudenken ist. Ein Drittel des weltweiten Umsatzes wurde in Nordamerika erzielt. Die USA und Japan erwirtschafteten einen Exportüberschuss im Bereich der Mikroelektronik, in Europa überstieg der Bedarf das Angebot.

Quelle: VDE (1995)

6) Der Markt für Software (Umsätze 1993 weltweit 50 Milliarden Dollar)

Der Softwaremarkt wächst um durchschnittlich 14 Prozent im Jahr, so dass für 1998 ein Gesamtumsatz von 100 Milliarden Dollar prognostiziert wird. Grösster Produzent von Software sind die USA. Immer mehr Unternehmen greifen auf Standardsoftware zurück, massgeschneiderte Programme werden seltener angefertigt.

Quelle: Gartner Group (1994)

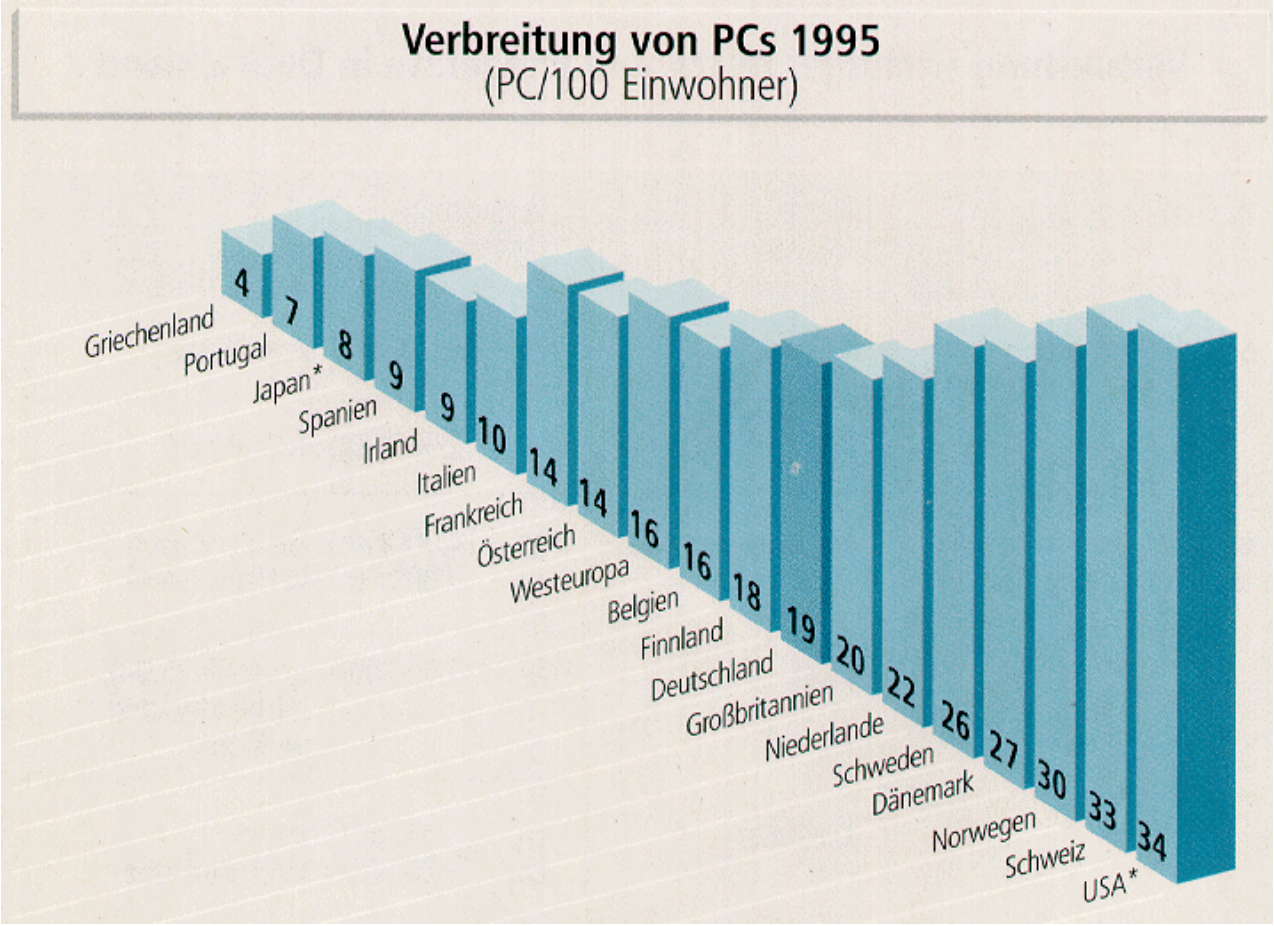


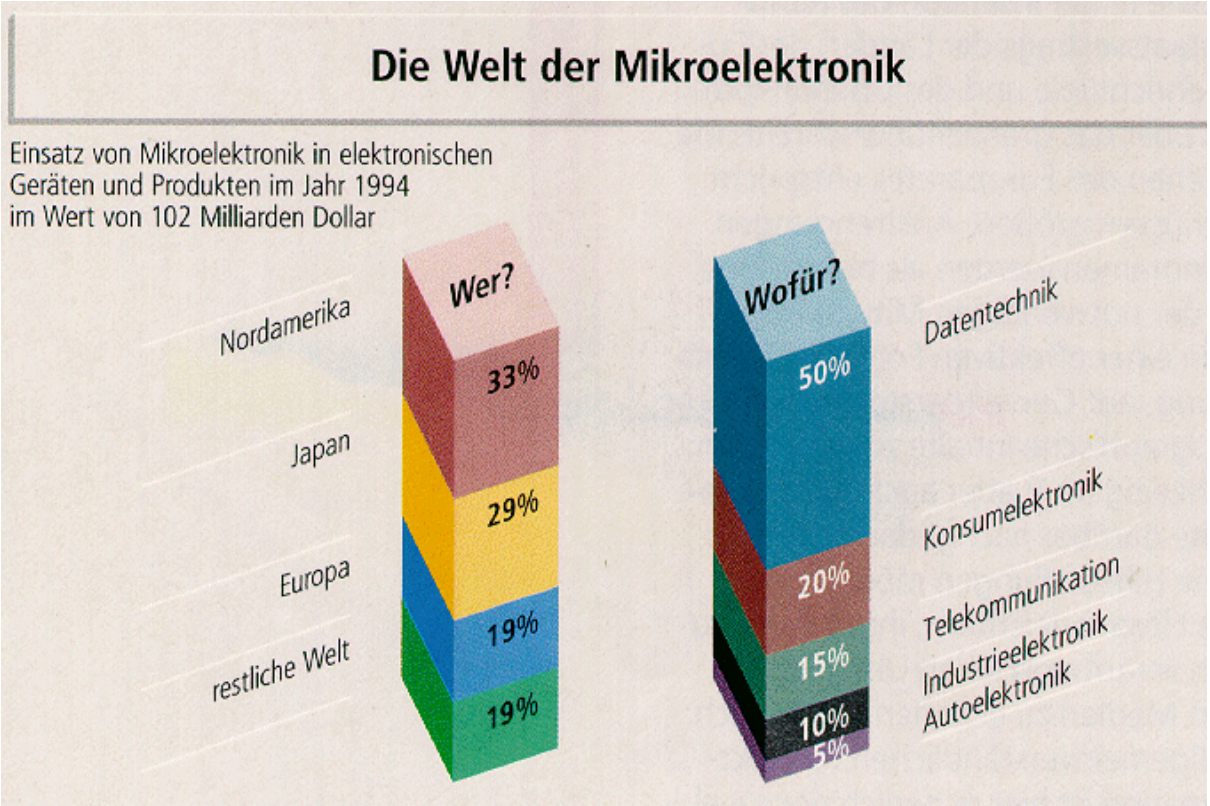
Marktführer im Bereich der Informations- und Kommuniukations-Technik

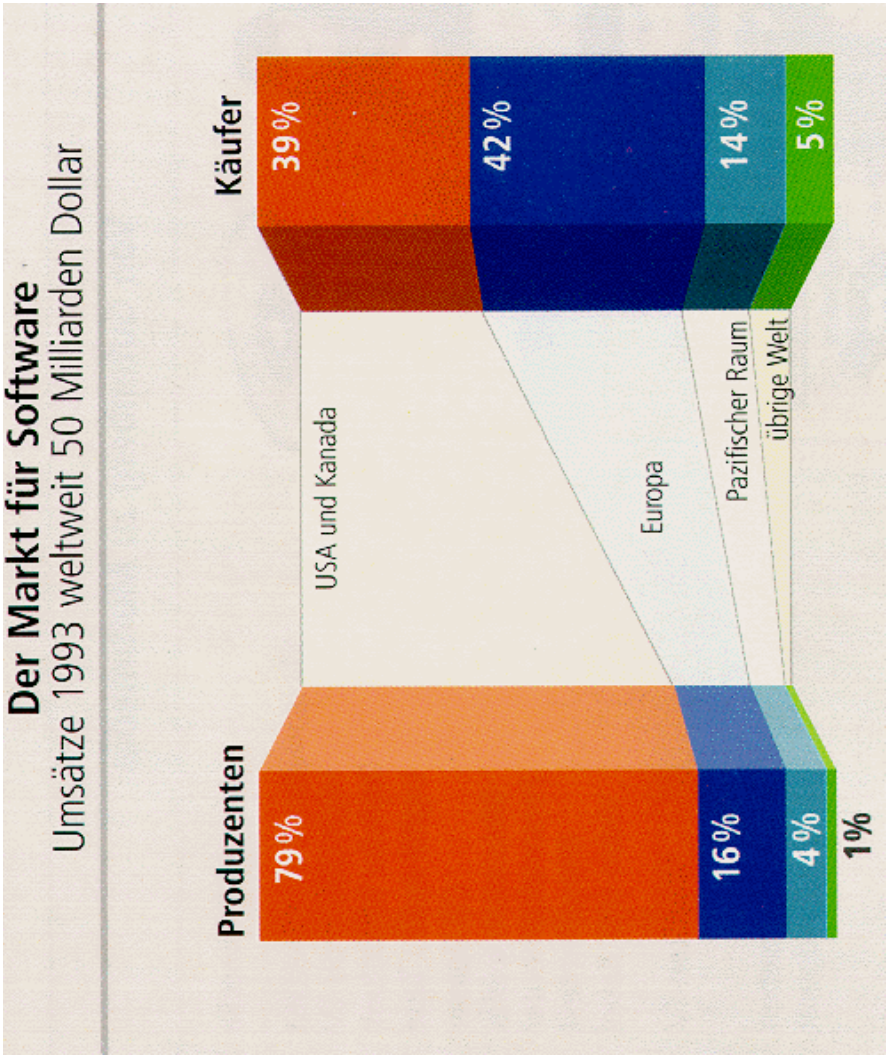
Gesellschaft	Umsätze[1] 1994 in Mio. $[2]	Anteil am Gesamt-umsatz	Gewinne 1994 in Mio. $
NTT (Japan)	79.070	100	857
AT&T (USA)	71.977	96	4.710
IBM (USA)	64.052	100	3.021
Sony (Japan)	44.758	100	–3.296
NEC (Japan)	43.326	100	406
Deutsche Telekom	37.713	100	794
Matsushita (Japan)	37.321	48	1.017
Fujitsu (Japan)	36.603	100	506
Hitachi (Japan)	30.213	35	1.280
Toshiba (Japan)	29.939	56	502
HP (USA)	24.991	100	1.599
Siemens (Deutschland)	23.540	45	1.228
France Télécom	23.288	100	1.657
BT (Großbritannien)	22.645	100	2.830
Motorola (USA)	22.245	100	1.560
Philips (Niederlande)	21.112	63	1.174
STET (Italien)	20.932	100	1.179
Alcatel Alsthom (Frankreich)	20.407	68	652
GTE (USA)	19.944	100	2.451
Canon (Japan)	19.333	100	310
Bell South (USA)	16.845	100	2.160
BCE (Kanada)	15.868	100	863
Xerox (USA)	15.088	85	794
Samsung (Korea)	14.617	42	1.226
Bell Atlantic (USA)	13.791	100	–755
Gesamt	**769.620**	**80**	**28.724**

[1] Sämtliche Umsätze mit Informations- und Kommunikations-Ausrüstung sowie damit zusammenhängende Dienstleistungen in Prozent vom Gesamtumsatz

[2] Der Dollarkurs basiert auf einem Wechselkurs von 1,55 DM/$


Verbreitung von PCs 1995
(PC/100 Einwohner)
Griechenland 4
Portugal 7
Japan* 8
Spanien 9
Irland 9
Italien 10
Frankreich 14
Österreich 14
Westeuropa 16
Belgien 16
Finnland 18
Deutschland 19
Großbritannien 20
Niederlande 22
Schweden 26
Dänemark 27
Norwegen 30
Schweiz 33
USA* 34


Die Welt der Mikroelektronik
Einsatz von Mikroelektronik in elektronischen Geräten und Produkten im Jahr 1994 im Wert von 102 Milliarden Dollar
Wer?
Nordamerika 33%
Japan 29%
Europa 19%
restliche Welt 19%
Wofür?
Datentechnik 50%
Konsumelektronik 20%
Telekommunikation 15%
Industrieelektronik 10%
Autoelektronik 5%



Pro-Kopf-Ausgaben für Informationstechnik und Telekommunikation

1995, in DM / Jahr

	IT	TK	Summe
Belgien	859	822	1.681
Dänemark	1.314	953	2.267
Deutschland	942	1.009	1.951
Finnland	770	726	1.496
Frankreich	786	890	1.676
Griechenland	102	380	482
Irland	417	737	1.154
Italien	421	602	1.023
Niederlande	1.002	921	1.923
Österreich	760	890	1.650
Portugal	168	525	693
Schweden	1.137	1.170	2.307
Schweiz	1.754	2.034	3.788
Spanien	253	421	674
V. Königreich	764	830	1.594
Westeuropa	718	820	1.538
USA	1.449	1.029	2.478
Japan	1.146	1.015	2.161

Knapp 5% des deutschen BSP fliessen in Informationstechnik und Telekommunikation.

Quelle:Bundesministerium für Wirtschaft, BRD:
Informationsgesellschaft in Deutschland
http://www.bmwi-info2000.de/gip/fakten/status/teil4.html

Beschäftigungssituation in der deutschen IuK-Industrie

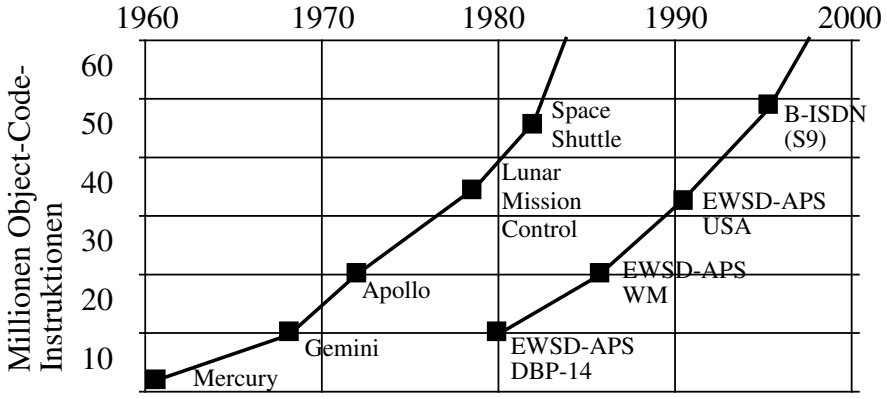
1995

Branchensegment	Beschäftigte
Informationstechnik	230.000
Hardware-Produktion	49.754
Hardware-Vertrieb, Overhead etc.	50.000
Software und IT-Dienstleistungen	130.000
Kommunikationstechnik und Telekommunikation	336.000
KT-Hardware	106.000
Telekommunikationsdienste	220.000
Mobilkommunikation	10.000
Bauelementeindustrie	67.800
Summe	**>630.000**

Quelle:Bundesministerium für Wirtschaft, BRD:
Informationsgesellschaft in Deutschland
http://www.bmwi-info2000.de/gip/fakten/status/teil4.html

Rolle der Software in Telekommunikationssystemen

Komplexitätszunahme der Software am Beispiel von EWSD-Systemen (digitale elektronische Wählsysteme von Siemens)



Quelle: Krüger, Uni Karlsruhe

Kommunikation

- Kommunikation ist ein wesentlicher Bestandteil menschlichen Zusammenlebens

- Kommunikation erfordert
  - Kommunikationsmittel

    gemeinsames Medium; über räumliche Distanz ausgedehnt oder wahrnehmbar; speichert Nachrichten zeitweise
  - Kommunikationsprotokolle

    Regeln für den Austausch von Nachrichten
  - Gemeinsamen Kontext

    korrekte Interpretation der Nachrichten

- Kommunikationsprobleme sind eine alte Geschichte...

Zur Geschichte der Kommunikation

- Fackeltelegraphie bereits im 5. Jhd. v. Chr. (Griechenland)
  - Einfache Fernübermittlung von Zeichen vermutlich viel früher

- Protokoll von Polybius (2. Jhd. v. Chr., Griechenland):
  - Einteilung des Alphabets in 5 Gruppen zu 5 bzw. 4 Zeichen
  - 2 Gruppen von je 5 Fackeln (hinter einer Wand)
  - Verbindungsaufbau:
    1. Sendeabsicht: Heben von 2 Fackeln
    2. Empfangsbereitschaft: Heben von 2 Fackeln
    3. Senken der Fackeln
  - Datenübertragung für jedes Zeichen:
    1. Heben von Fackeln über die linke Hälfte der Wand zur Bekanntgabe der Zeichengruppe
    2. Senken der Fackeln
    3. Heben von Fackeln über die rechte Hälfte der Wand zur Bekanntgabe des Zeichens
    4. Senken der Fackeln

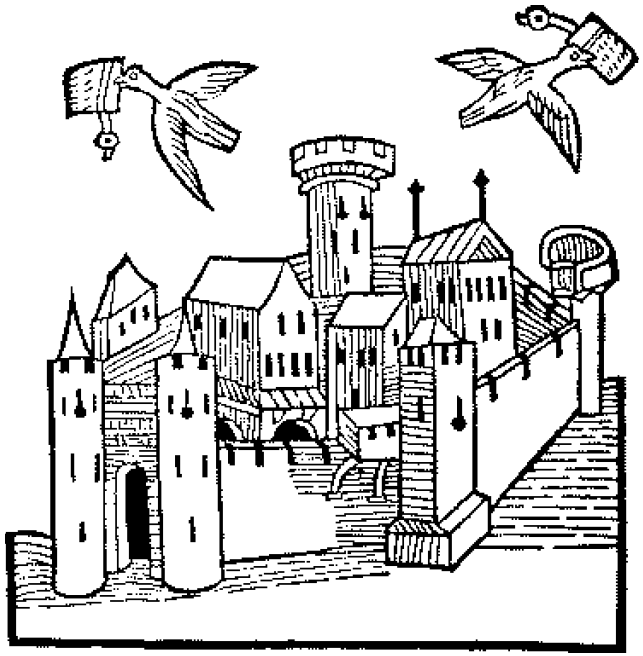
- Literaturreferenz: Gerard Holzmann, B. Pehrson: The Early History of Data Networks.

  Siehe auch http://www.it.kth.se/docs/early_net/

Trommeln

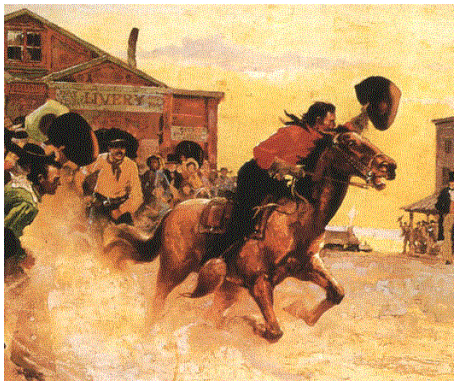
http://www.databahn.net/library/inet/history/

Brieftauben



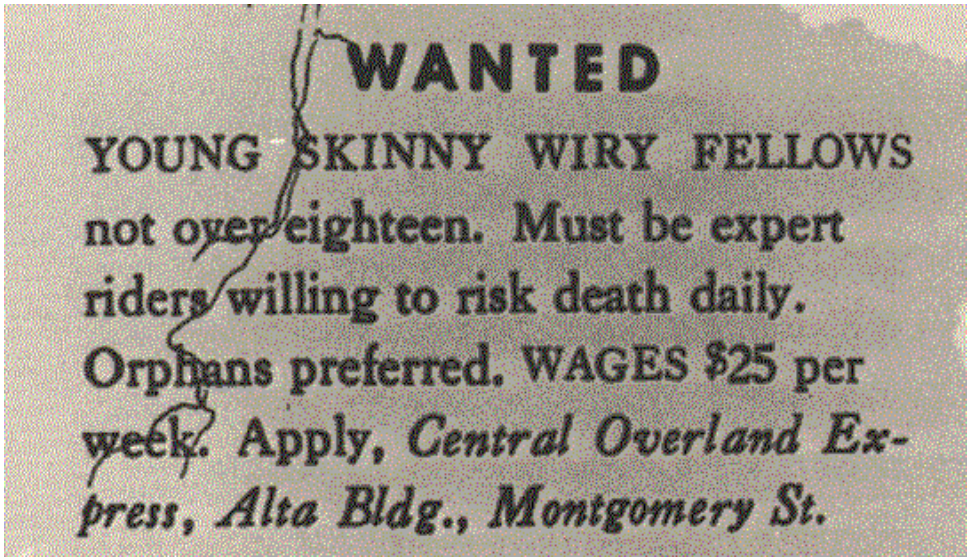
Holzschnitt aus dem Jahr 1481
(Coll. Bibl. de Genève)

Reiterboten



Started in 1860 to satisfy the need for up to date news and information between the East and West coast of the United States, the Pony Express used 420 horses, 190 relay stations, and 80 riders to move mail swiftly across the central plain to San Francisco, California.

Young riders raced their horses across mountains, rivers, and deserts to make the 1,840 mile (2,960 km) trip. Stopping every 10-20 miles for a fresh horse, the trip from St. Joseph Missouri to San Francisco took only 10 days.

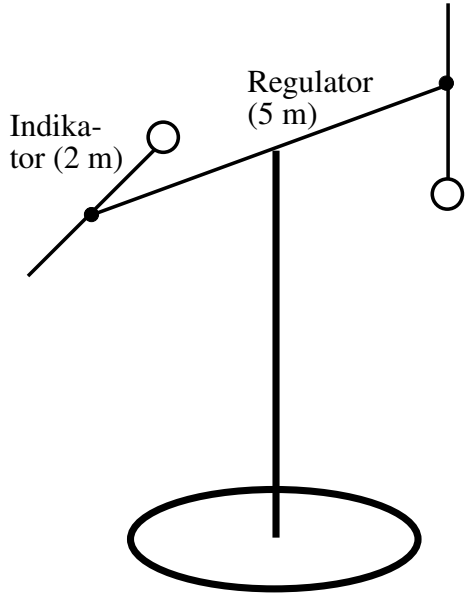


WANTED

YOUNG SKINNY WIRY FELLOWS not over eighteen. Must be expert riders willing to risk death daily. Orphans preferred. WAGES $25 per week. Apply, *Central Overland Express, Alta Bldg., Montgomery St.*

Optische Telegraphen

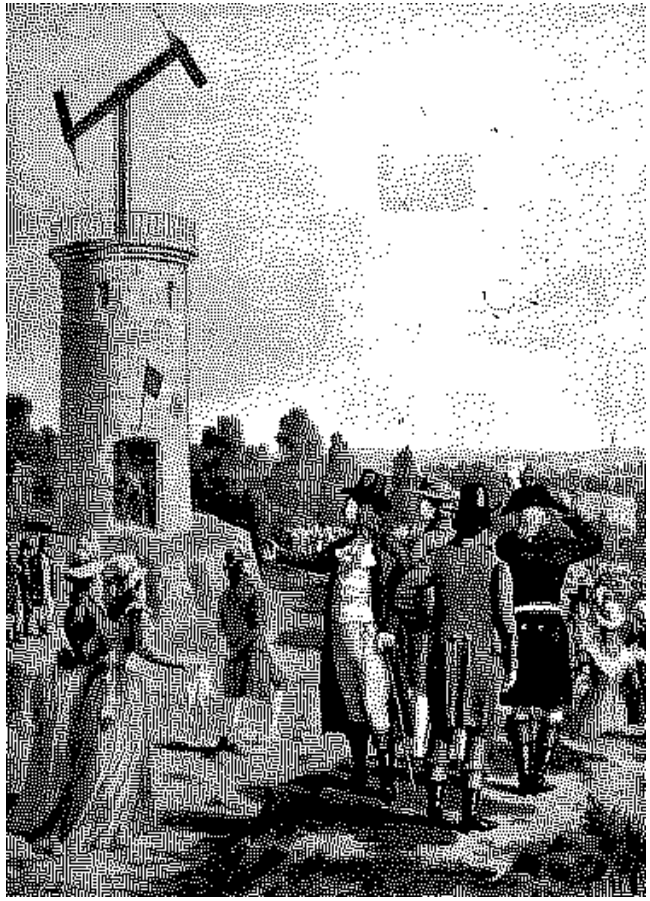
- Claude Chappe (Frankreich, 1791/92, für Napoleon)



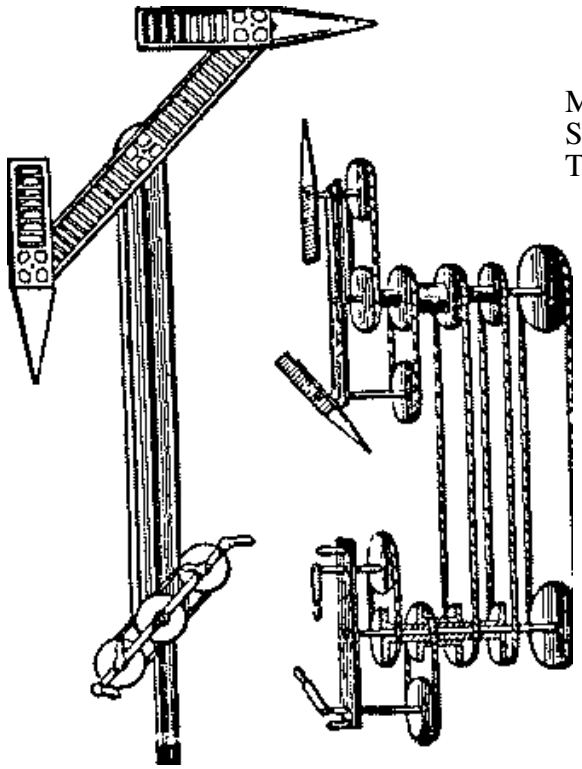
- Flügeltelegraph aus 3 beweglichen Teilen
- Auf Hügeln, Kirchtürmen...
- Arme in 45^0-Schritten beweglich
- 256 Positionen, zu 50% genutzt
- Beobachtung per Teleskop
- Zeichenwechsel ca. alle 15s
- Telegraphenketten (ca. 5000km insgesamt mit 556 Stationen)

- Ähnliches System in Schweden
  - grosse Anzeigetafel mit 10 Öffnungen (10-Bit Binärcode)
  - Kodierung häufiger Wörter und Phrasen
  - Kontrollzeichen für Fehlerkontrolle (pos. / neg. Quittung), Flusssteuerung (schneller / langsamer), Start / Ende etc.

- Deutschland: optische Telegraphenlinie Berlin-Köln 1832
  - Fortsetzung über Bonn nach Koblenz
  - militärisch bedeutsam (Nähe der preuss. Grenze zu Frankreich)
  - 1852 ersetzt durch elektrische (unterirdische) Telegraphenleitung



Ein Semaphor-Telegraph
(Coll. Musée de la Poste, Paris)



Mechanik des Semaphor-Telegraphen

Mobiler Semaphor-Telegraph während des Krimkrieges 1853-1856

System von Edelcrantz in Schweden: Telegraphenstation in Furusund
(Photo: Gerard J. Holzmann, 1991)

Die Bedienung des Telegraphen

Allgemeine Instruktionen (Stockholm, 1. August 1808) und **Strafen:**

1.The telegraphists should be up before sunrise, examine the machine thoroughly, and certify that the strings are not too slack, and also not so tense that the shutters are not straight. They must check that nothing is stuck by making the signal A777 several times...

2. When your own telegraph is in order, you must verify that the telegraphs of your nearest neighbors are in order...

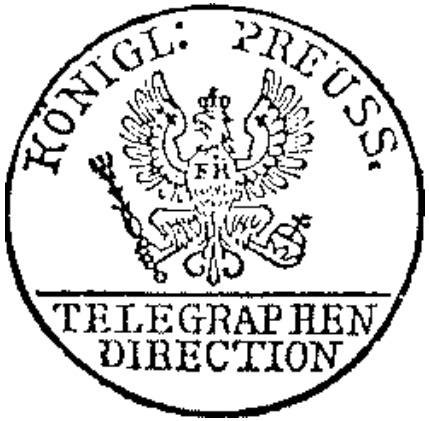
3. Soon thereafter, the ready sign A156 is put up, starting from the outmost stations...

12. When the haze is strong, leave is granted from 11:30 to 2:30, but otherwise only after an order and notification is issued...

Any telegraphist who is not immediately aware of calls or messages from the closest stations, shall be fined 8 Sk...

Any telegraphist who puts up the signal 431 (cannot see) when the nearest station can be seen, shall be punished by flogging...

Die Telegraphenlinie Berlin-Koblenz

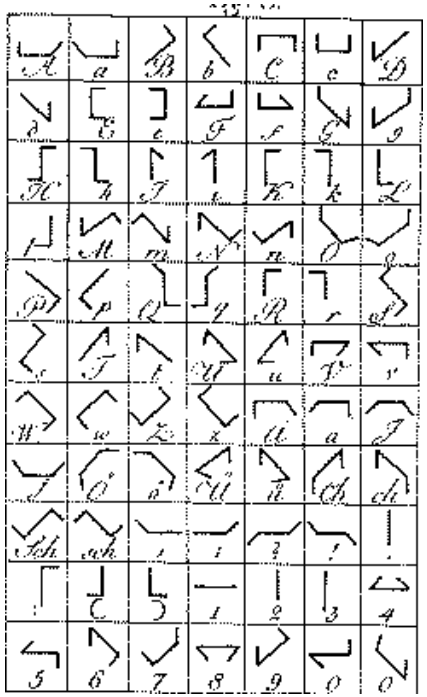


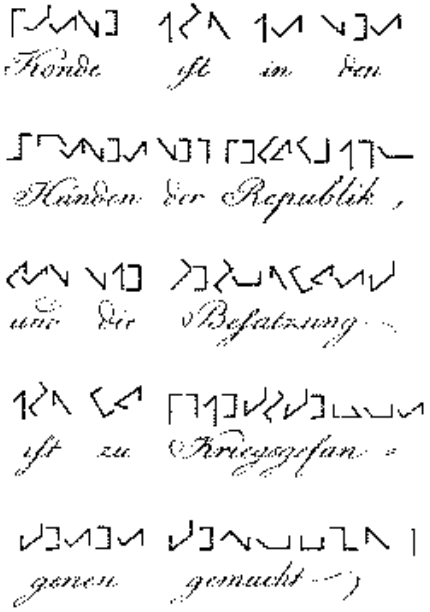
On 21 July 1832 the construction of the line from Berlin to Koblenz was assigned to Major Franz August O'Etzel (1784-1850), who pursued the matter vigorously. The line was completed in June 1833. In all, 64 telegraph stations were constructed, leading from Berlin through Potsdam and Magdeburg via Köln and Bonn to Koblenz.

Each station was equipped with two telescopes, with a focal length of 78 cm, and a magnification factor of roughly 50x. The first station was built in a former astronomical observatory in the Dorotheenstrasse in Berlin.

On 4 February 1835 Major O'Etzel officially became the first Telegraph Director, appointed directly by the king. At its peak the optical telegraph line in Germany employed 200 people, comparable to the number in Sweden, but fewer than in France.

Der Signalcode





Protokoll-Aspekte (1)

- Bereits bei den mechanischen Telegraphen war es notwendig, Regeln für den korrekten Nachrichtenaustausch festzulegen.
- Hinsichtlich Flusssteuerung, Fehlerabsicherung und der Verwendung von positiven bzw. negativen Bestätigungen erinnern die Mechanismen an moderne Protokolle!

Auszüge aus "The Early History of Data Networks" von Gerard J.Holzmann und Björn Pehrson (vgl. http://www.it.kth.se/docs/early_net/)

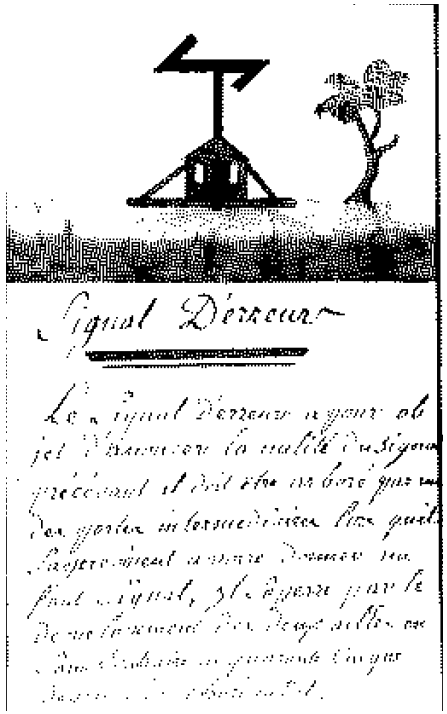
Communication, says Edelcrantz, is initiated by the sender with a specific control signal, which he called the speech signal. It is to be acknowledged by the receiver with another control signal, called the attention signal, which was possibly acknowledged with a correct reception signal.

In the Swedish system it had to be determined unambiguously which two stations wanted to talk. Edelcrantz gave several methods to solve this that come close to the standard control formats that are used today in data communication protocols... This makes the acknowledgement serve as both a synchronizer and as an error check on the original signal.

Communication, in both the French and the Swedish systems, was normally completely synchronous. A sending station was required to display a signal until it was confirmed correctly by the next station, and only then could it move on to the next. The one exception to this rule was when the connection between two stations in a chain was broken... In that case, the last station in the chain could serve as a buffer...

There was a single control signal that signified an error condition. It could only be used to erase the last signal sent, rather like a backspace... It is... not specified... what two error signals in a row would mean.

Das Fehlersignal



(Coll. Musée de la Poste, Paris)

Protokoll-Aspekte (2)

In the first code published, Edelcrantz had already adopted Hooke's suggestion to include control codes in his protocols for the dynamic adjustment of the transmission rate of a sender. He defines control signal 770 for slowing down a fast sender, and 077 for speeding up a tardy one.

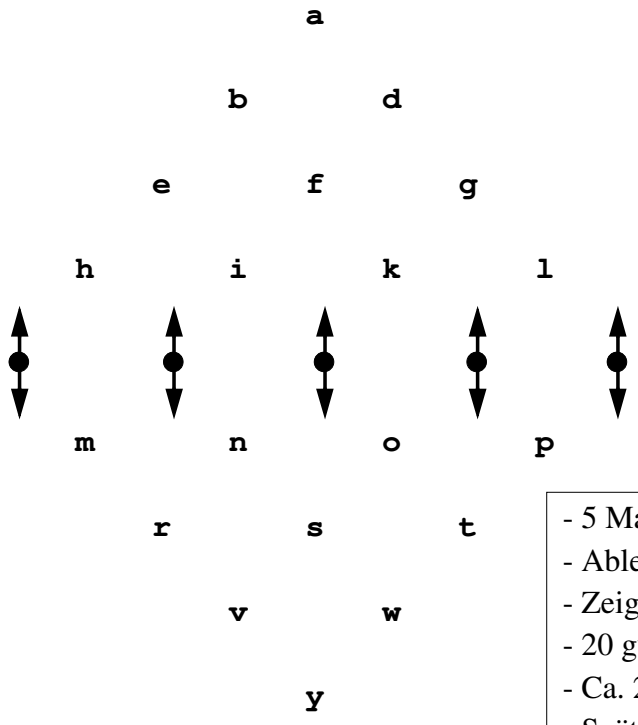
Edelcrantz defines a coherent set of signals to implement a flow control discipline. Among these is signal-code 707, which was used to request the retransmission of a signal, by following it with the signals for a three-digit number that referred to a location of a signal in the logbook of received messages. Such a selective repeat mechanism was reinvented almost 170 years later in data communications protocols, and is still considered a more advanced alternative to a simpler flow control strategy known as go-back-n.

Both Edelcrantz and Chappe defined control signals to suspend transmissions for short or long-term reasons, reminiscent of modern day stop-and-wait protocols.

The addendum defined some extra control signals for relaying error conditions back to Stockholm (signal 060), for interrupting low priority traffic for a more urgent message (signal 606), and for broadcasting orders from Stockholm across the entire network (signal 646). The addendum also defined a series of ad hoc control codes that the receiver of a message could use to acknowledge receipt: five variations of what today would be called positive acknowledgements (A227, A774, A775, 274, and 555), two variations of negative acknowledgements (A230 and 450), and one code (303) to indicate that either a positive or negative acknowledgement would be sent later.

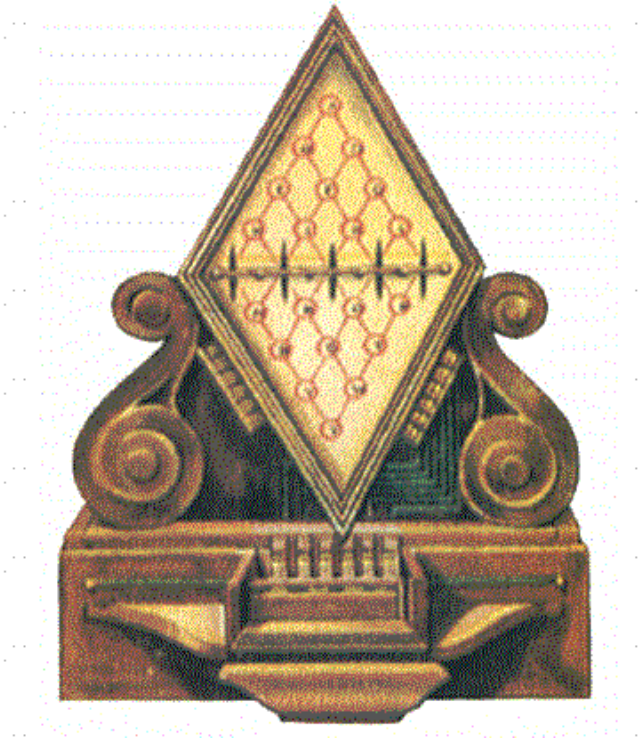
Elektrische Telegraphen

- Bis Mitte des 19. Jhd. schnelle Nachrichtenübermittlung i.w. nur militärisch und staatspolitisch genutzt
  - Danach wichtig für Eisenbahn; später allg. wirtschaftliche Bedeutung
- Elektrischer Zeigertelegraph von Cooke und Wheatstone 1837/38 (England):



- 5 Magnetnadeln
- Ablenkung von je 2 Nadeln
- Zeigen beide auf das Zeichen
- 20 gültige Kombinationen
- Ca. 25 Zeichen / Minute
- Später: 2-Nadel System

Der Telegraph von Cooke und Wheatstone (1837)



"We call the electric telegraph the most perfect invention of modern times - as anything more perfect than this is scarcely conceivable, and we really begin to wonder what will be left for the next generation, upon which to expend the restless energies of the human mind."

Eine australische Zeitung im Jahre 1853

Elektrische Telegraphie

- S. Morse in den USA ab 1835
- 1838: Cooke gründet eine Telegraphengesellschaft
  - 1852 bereits 6400 km Kabel in England
- 1843: Telegraph der Rheinischen Eisenbahn Aachen
  - erste elektrische Telegraphenleitung in Deutschland
- 1847: Siemens und Halske gründen Firma
  - zunächst zum Bau elektrischer Zeigertelegraphen
- 1851: Strecke London - Paris
- 1866: Strecke London - New York
  - vorher Schwierigkeiten mit Unterwasserkabeln
  - Telegramm mit 20 Wörtern kostet $ 100 (vierfacher Monatslohn)
  - Rekord 1870 London - Bombay in 4 Minuten und 22 Sekunden (1924: Telegramm um die Welt in 80 Sekunden)

wann wurde eigentlich das elektrische Licht erfunden?

- Grössere Entfernungen erst nach Entdeckung des Induktionsprinzips und Verwendung von Telegraphen<u>relais</u>

benannt nach den Wechselstationen für Postpferde

--> Telegraphenbüros ("Depeschen"), Nachrichtenagenturen; Bürgertum emanzipiert sich von staatl. Information

--> Eigenständige Industrie (Telefonbau, Elektro)

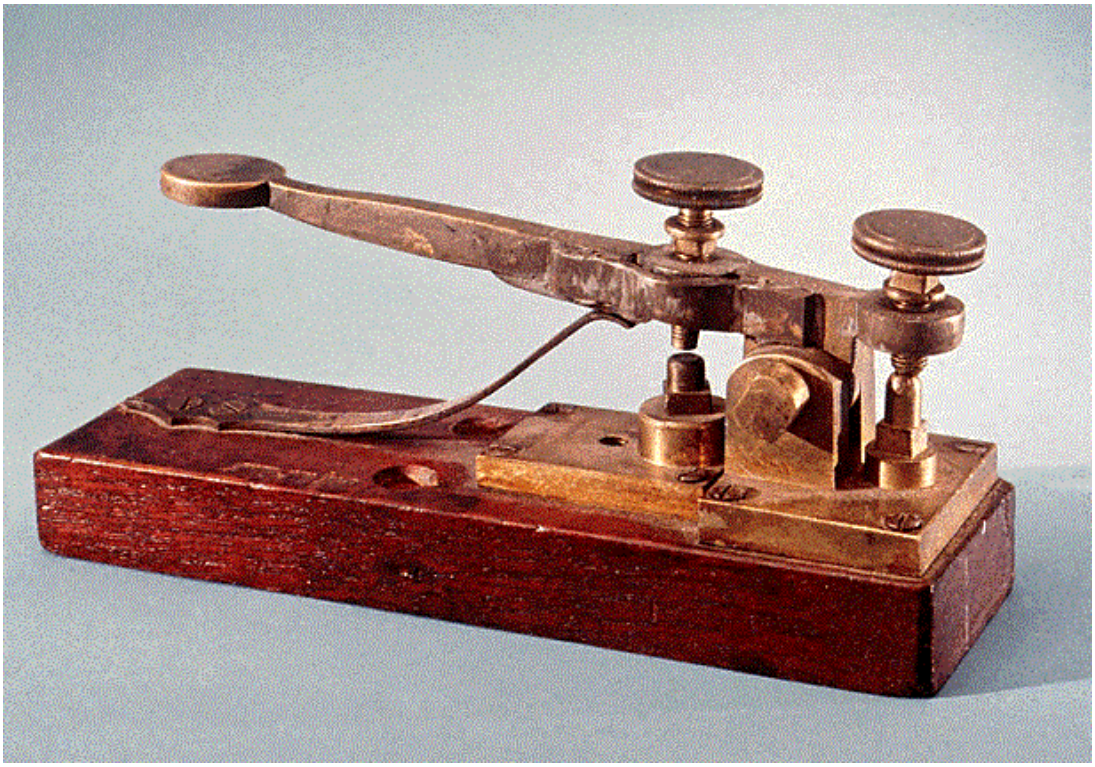
COMMERCIAL CABLES

"COMMERCIAL" CABLEGRAMS TO ALL THE WORLD

Commercial Cable Company,
Postal Telegraph-Cable Company,
Commercial Pacific Cable Company,
Commercial Cable Company of Cuba,
Halifax and Bermudas Cable Company,
Direct West India Cable Company,
Canadian Pacific Railway Telegraph
Eastern Telegraph Company (Europe)
Great Northern Telegraph Company (Europe)
All America Cables, Inc.

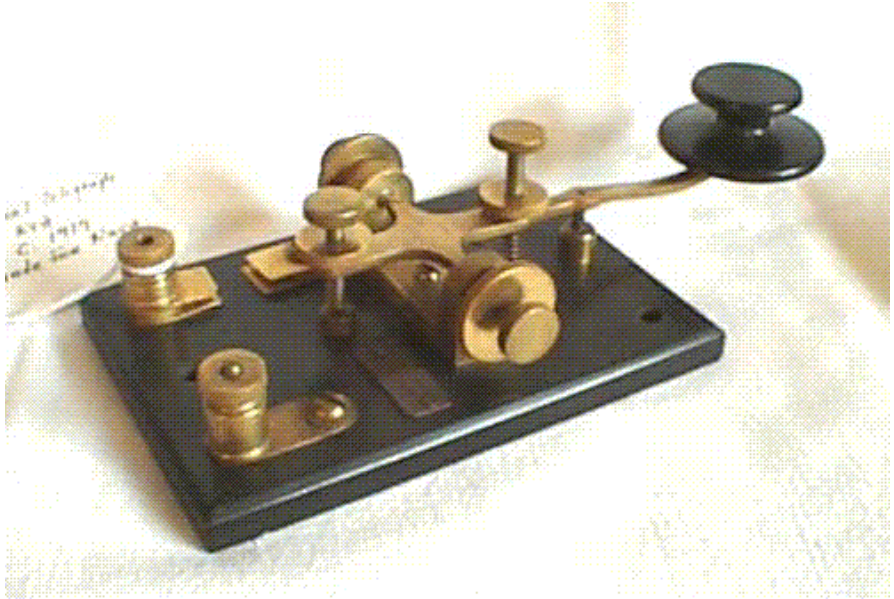
CLARENCE H. MACKAY,
President.
GEO. G. WARD,
Vice-President & General Manager.

Vernetzte Systeme, WS 99/00, F. Ma. 45



Morse/Vail telegraph key, 1844.This key was used to send the message "What Hath God Wrought" on the experimental line between Washington, DC and Baltimore, Maryland.

Vernetzte Systeme, WS 99/00, F. Ma. 46



Telefon

- Reiss 1861-63
- Bell 1876 (AT&T: 1885)

  "This 'phone' has way to many shortcomings for us to consider it as a serious way of communicating. The unit is worthless to us."

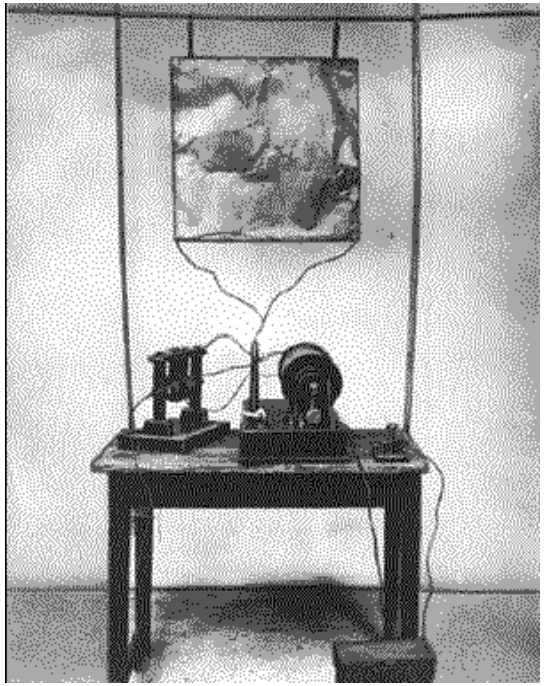
  Interner Aktenvermerk der Western Union aus dem Jahre 1876

- Edison 1877
- Telephon zunächst für geschäftliche Zwecke
- Ab 1880 öffentliche Telefonnetze
  - zunächst nur ca. 30 km max. Ausdehnung
  - erstes deutsches Ortsnetz 1881
- Zunehmende Reichweitenvergrösserung
  - Induktionsspulen; Kupfer- statt Stahlkabel (NY-Chicago 1892)
  - Elektronenröhre und Verstärker ab ca. 1915
  - Multiplexen von Leitungen ("Wellenfilter-Schaltung") ab 1918
  - Koaxkabel für ca. 200 Ferngespräche ab ca. 1935
  - Transatlantikkabel (TAT-1) für 48 Telefonkanäle 1956
- Automatische Vermittlung
  - 1889: Erfindung des Heb-Dreh-Wählers
  - ca. 1895: Wählscheibe
  - 1914 erst ca. 3% Selbstwählanschlüsse in Deutschland

Funktelegraphie

Marconi ca. 1895

- ab ca. 1900 militärische und kommerzielle Systeme
- 1901 Transatlantik (ab 1907 regulärer Dienst)
- wirtschaftliche Bedeutung:
  - Handelsschiffe auf See
  - Durchbrechen alter (Kabel-) Monopole; neue Monopole (Marconi)
  - militärische Bedeutung im 1. Weltkrieg



Weitere historische Meilensteine der Kommunikationstechnik

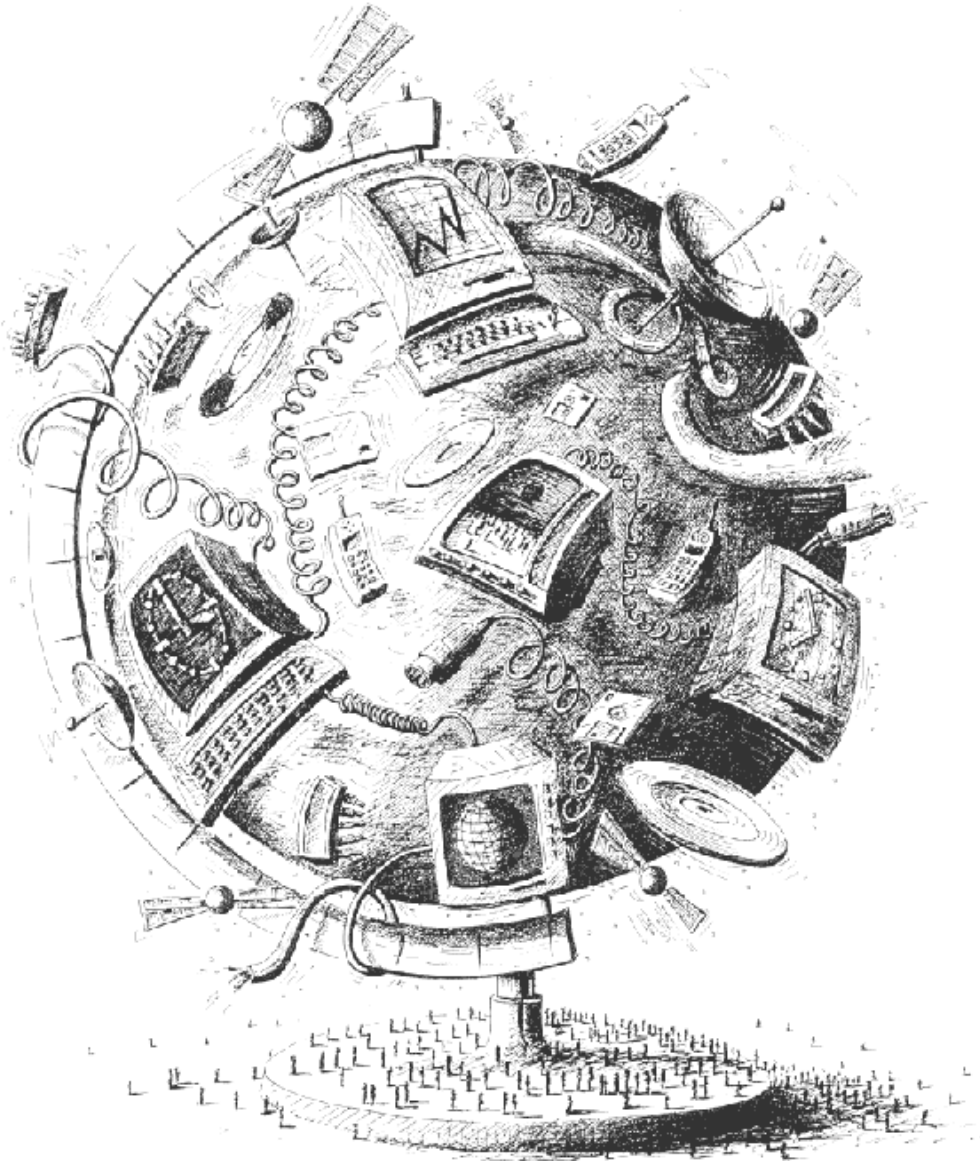
- 1923 Rundfunk
  Massenkommunikation

- 1960 Pulse Code Modulation
  digitale Übertragung analoger Signale

- 1964 Nachrichtensatelliten
  Grundlage für globale Kommunikation

- 1966 Glasfaser
  extrem hohe Datenraten für die Nachrichtenübertragung

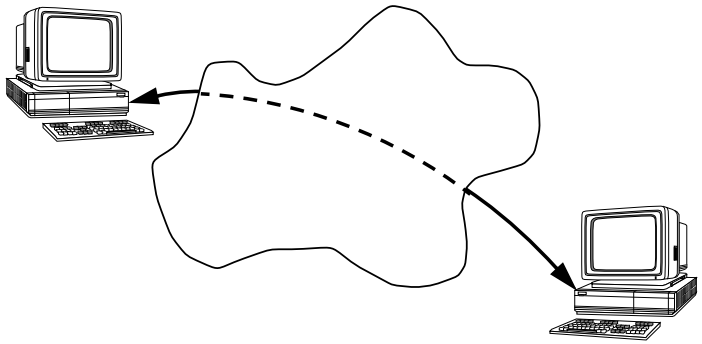
Die vernetzte Welt



Rechnernetze

Vordergründiger Zweck:

Verbindung von autonomen Rechnern
(zum Zweck des Informationsaustauschs)



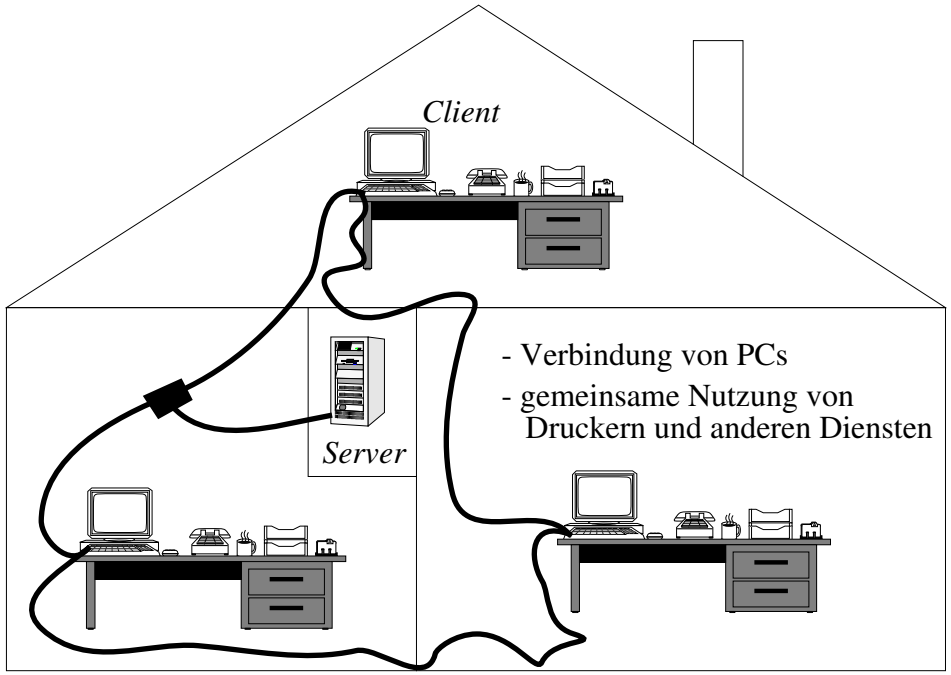
- Man unterscheidet:
  - *Lokale Netze* (LAN, local area network):

    Rechner einer Abteilung oder einer Firma werden miteinander verbunden; Ausdehnung: einige 100 Meter

  - *Weitverkehrsnetze* (WAN, long haul networks):

    Weltweite Verbindung über Telekom-Netze (spezielle Datennetze) bzw. private oder kommerzielle Satellitenverbindungen etc.

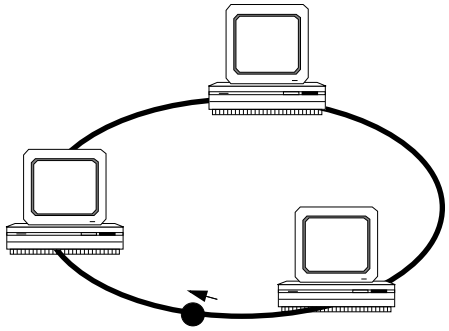
Lokale Rechnernetze



- Ausdehnung wenige 100 Meter
- Typischerweise gebäude- oder unternehmensintern
- Auf privatem Grund
  - keine Nutzungs- bzw. Übertragungsgebühren
- Hohe Übertragungsrate (typ. 10 - 1000 M Bit / s)
- Einfachere Kommunikationsprotokolle, da wenige Rechner und (zunächst) keine Vermittlungsknoten
  - oft: Möglichkeit zu Broadcast
- Typisch: Client/Server-Modell
  - z.B. Clients als Arbeitsplatzrechner ohne Festplatten
  - Diskserver als Massenspeicher; Mailserver; Datenbakserver...

Topologien lokaler Rechnernetze

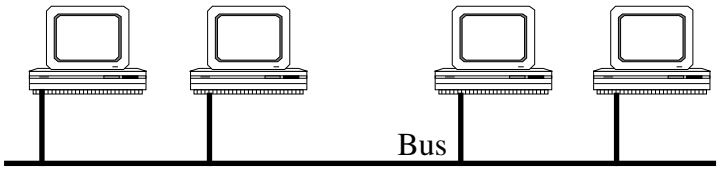
- *Token-Ring*

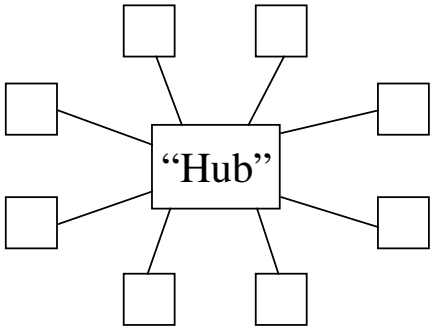
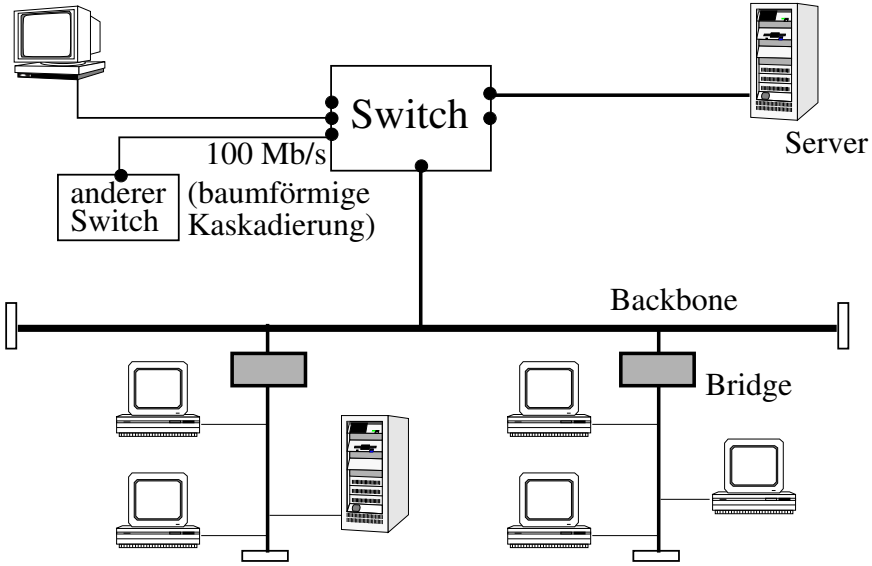


- Nachricht wird solange weitergereicht, bis die Zieladresse mit der angegebenen übereinstimmt
- Es kreist ein sogenanntes “Token” (spezielles Paket)
- Ein Rechner darf nur dann senden, wenn er das Token besitzt

---

- *Bus-Topologie* (z.B. *Ethernet*)



- Jeder Rechner “horcht” am Bus und empfängt die Nachrichten, die seine Adresse tragen
- Senden, wenn Bus frei
- Kollisionen von mehreren Sendern müssen behandelt werden

Stern- und baumförmige Topologien