Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Departement Informatik
Prof. Dr. F. Mattern

Vernetzte Systeme

Folienkopien der Vorlesung des Wintersemesters 2000 / 01

Vorläufige Version Okt. 2000

Achtung: Prüfungsrelevant ist der Inhalt der Vorlesung, nicht alleine der Text dieser Foliensammlung!

Vorbemerkung

Diese Materialsammlung enthält den grössten Teil der Folien meiner Vorlesung “Vernetzte Systeme”. Die Vorlesung umfasst ca. 14 Doppelstunden, sie wurde an der ETH Zürich in dieser Form erstmalig im Wintersemester 1999/2000 gehalten und wird in den folgenden Jahren laufend aktualisiert werden.

Hauptthemen der Vorlesung sind neben einem kurzen geschichtlichen Abriss der Kommunikationstechnik und einem Überblick zu einigen nachrichtentechnischen Aspekten (Übertragungsmedien und -codes, Modulationsarten, synchrone / asynchrone Datenübertragung) vor allem lokale Netze (Ethernet einschliesslich der Hochgeschwindigkeitsvarianten, Tokenring, Bridging, Spanning-tree-Protokoll etc.) und Internet-Technologien (u.a. IP einschliesslich der IPv6-Variante, TCP, Sliding-window-Protokoll, Routing-Verfahren, Flusssteuerung). Selbstverständlich wird auch das Schichtenmodell vorgestellt; allerdings wird im Vergleich zu klassischen Vorlesungen über Rechnernetze die “OSI-Doktrin” nicht extensiv behandelt. Statt dessen wird auf einige Internet-bezogene Themen eingegangen (z.B. Firewall, Intranet oder Messungen der Übertragungszeiten im Internet), ferner wird ein kurzer Einblick in aktuelle Entwicklungen wie drahtlose und mobile Kommunikation gegeben.

Bewusst werden in dieser Vorlesung einige eher der Anwendungsebene zuzurechnenden Aspekte ausgeklammert (wie z.B. kryptographische Verfahren, RPC, Verteilungsplattformen, Middleware etc.), da dies Themen eigenständiger Vorlesungen “Information und Kommunikation” (im Grundstudium) bzw. “Verteilte Systeme” (im Fachstudium) darstellen.

Für die zugehörigen Übungen werden wöchentlich Aufgaben verteilt, sie umfassen sowohl theoretische Aufgaben zur Einübung und Vertiefung des Stoffes, als auch einige kleinere praktische Aufgaben, die am Rechner zu lösen sind.

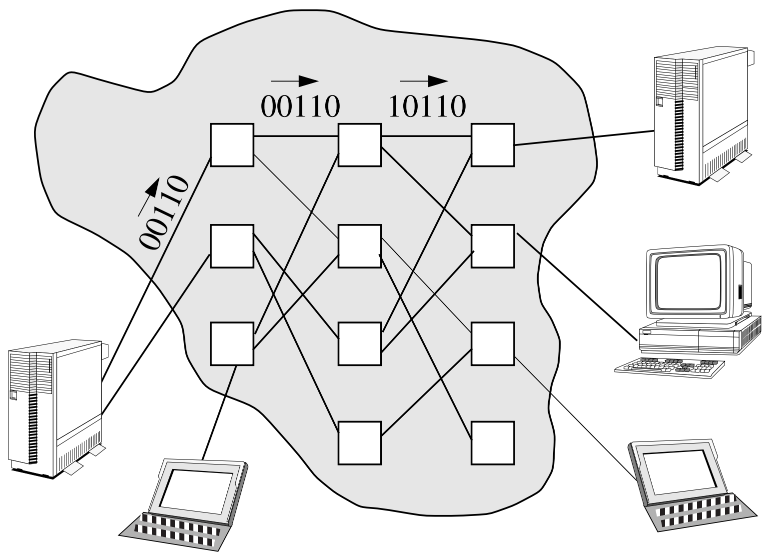
Zürich, im Oktober 2000

F. Mattern

Vernetzte Systeme

F. Mattern

Departement Informatik
ETH Zürich



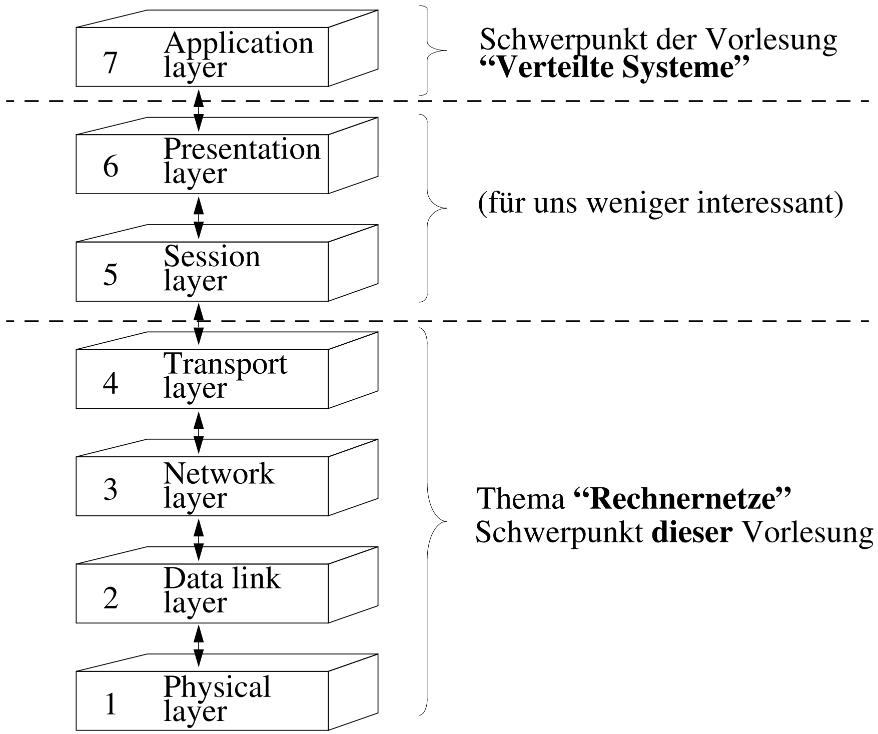
Wintersemester 2000/01

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
  - keine sanktionierten “Muster”lösungen!
- Kein Skript, aber Folienkopien (und Lehrbücher!)
  - vorläufige (d.h. i.w. letztjährige) Version am Semesteranfang
  - u.U. aktualisierte Version im WWW einige Tage nach der Vorlesung
  - Literaturhinweise zu Lehrbüchern später
- Testatbedingungen
  - 80% aller Aufgaben bearbeitet
  - davon die Hälfte (richtig) gelöst
  - keinesfalls: von anderen abschreiben
- Verantwortlicher Assistent: Vlad Coroama
  - coroama@inf.ethz.ch
- Meine E-mail-Adresse: mattern@inf.ethz.ch
- Homepage der Vorlesung im Internet
  - **www.inf.ethz.ch/vs/education/WS0001/VS/**
- Alles weitere auf dem ausgeteilten Merkblatt

Thematisch verwandte Veranstaltungen im Fachstudium

- Mattern (bzw. Plattner): *Verteilte Systeme*, 4st
- Mattern (bzw. Widmayer): *Verteilte Algorithmen*, 3st
- *Mobile Computing* (geplant)
- *Ubiquitous Computing* (Fachstudium, WS 00/01)
- Einschlägige *Seminare*
- *Semester- und Diplomarbeiten*



Übersicht

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

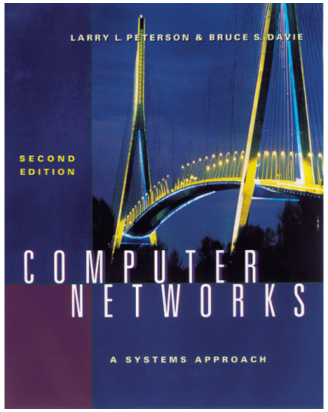
Themen sind u.a.:

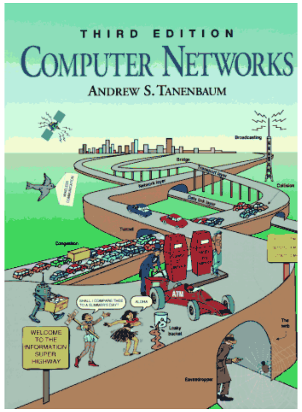
- Motivation und Geschichte der Kommunikation
- Nachrichtentechnische Grundlagen
- Lokale Netze (u.a. Ethernet, CSMA/CD)
- Schichtenmodelle
- Protokolle
- Überblick zu TCP/IP
- Internet (Adressen, Struktur, Dienste)
- Routing
- Mobile Systeme / drahtlose Kommunikation
- Verteilte Systeme

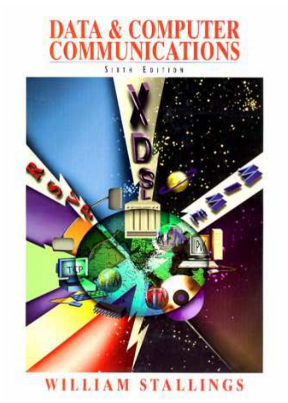
Literatur:

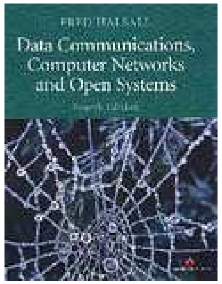
- *L. Peterson, B. Davie*: "Computer Networks - A Systems Approach", Morgan Kaufmann (2nd ed., 2000), ISBN 1-55860-577-0
- *A.S. Tanenbaum*: "Computer Networks", Prentice Hall (3rd edition 1996), ISBN 0-13-394248-1
- *F. Halsall*: "Data Communications, Computer Networks and Open Systems", Addison Wesley (4th edition 1996), ISBN 0-201-42293-X
- *W. Stallings*: "Data and Computer Communications", Prentice-Hall, (6th edition, 1999), ISBN: 0130843709
- *W. P. Kowalk, M. Burke*: "Rechnernetze", Teubner (1994), ISBN 3-519-02141-2
- *D. Comer*: "Computer Networks and Internets", Prentice Hall (2nd ed., 1999), ISBN 030836176
- *G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg*: Distributed Systems - Concepts and Design, Addison Wesley (3rd ed., 2000), ISBN 0201619180

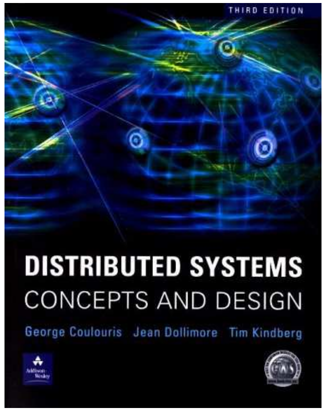
Literatur











Infrastruktur für die Informationsgesellschaft

Kommunikationsnetze zusammen mit leistungsfähigen Computern etc.

- Datenbanktechnologie
- Software
- Benutzerschnittstellen
- ...

--> weltweite Verfügbarkeit von Information

--> neue Dienstleistungen

--> Electronic Commerce

--> ...

bedeutender Wirtschaftsfaktor!

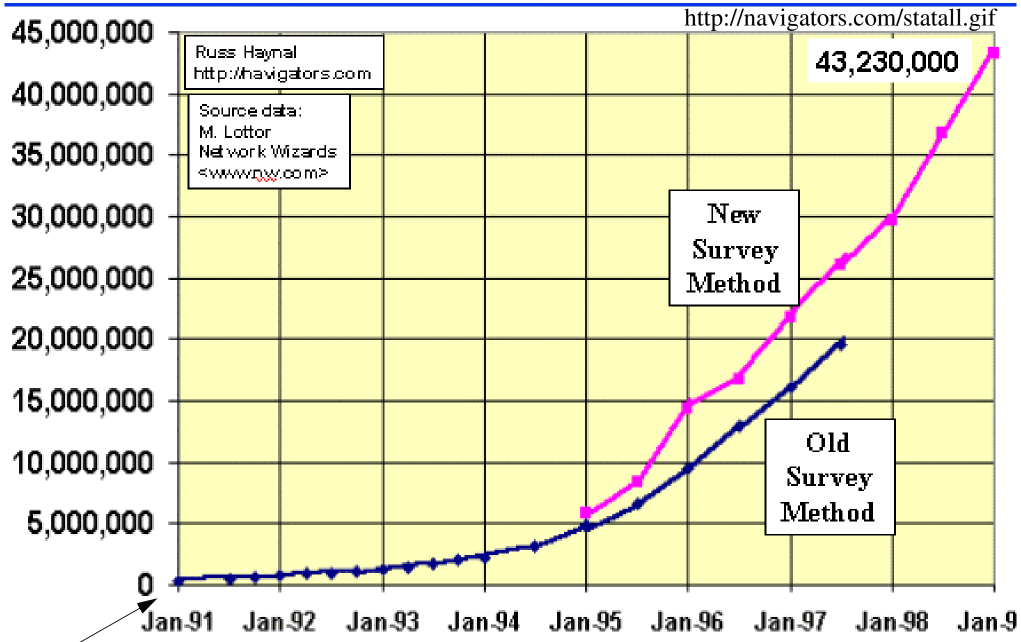
Zugrundeliegende "Technik" muss verstanden und beherrscht werden! --> Vorlesung...

Nachfolgend:

- Internet?
- Informationsgesellschaft?
- Wirtschaftsfaktor?
- Geschichte?

Rechner am Internet 1991 - 1999

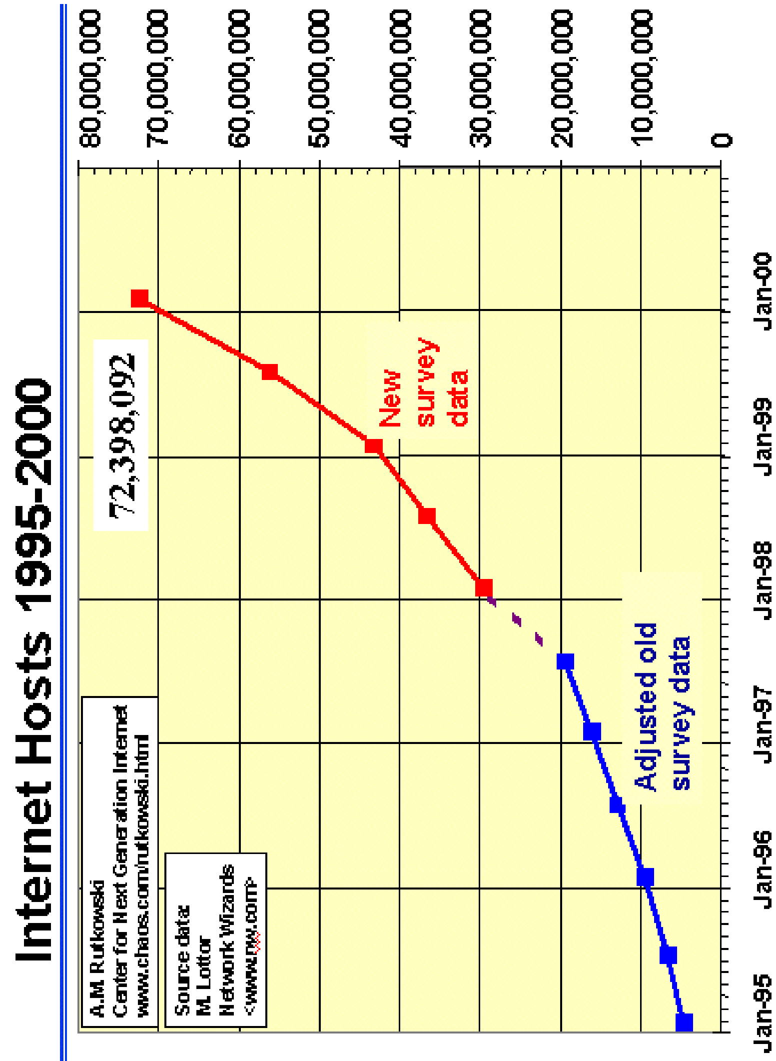
- Entsprechend den Einträgen im weltweiten DNS-System



Wann fing das eigentlich an mit dem Internet?

- Wachstum innerhalb eines Jahres:

Date	Hosts
Jul 00	**93,047,785**
Jan 00	72,398,092
Jul 99	56,218,000



http://navigators.com/statall.gif

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
07/00	93,047,785

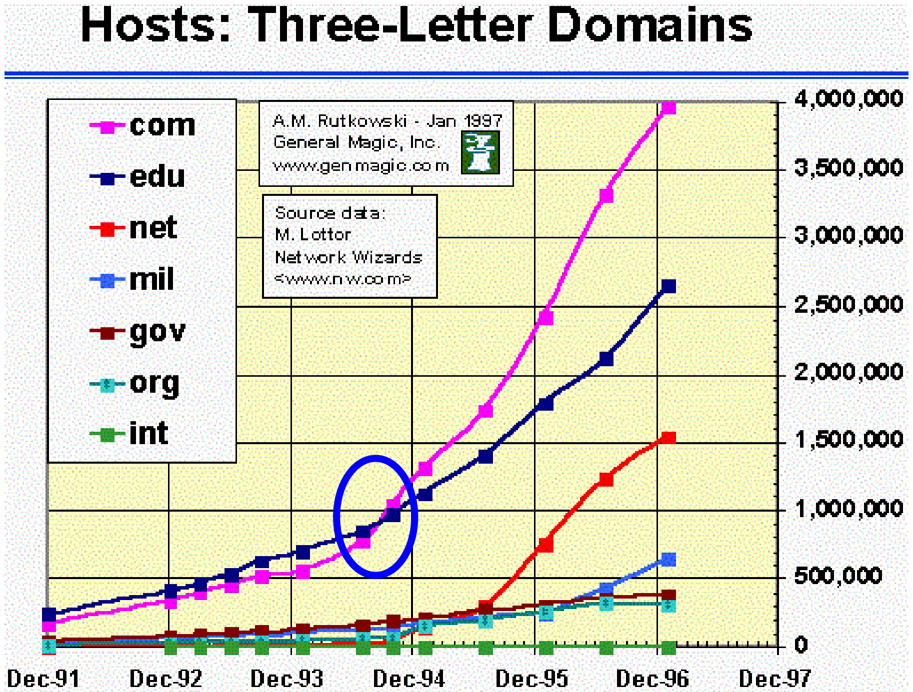
Wann fing das eigentlich an?

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

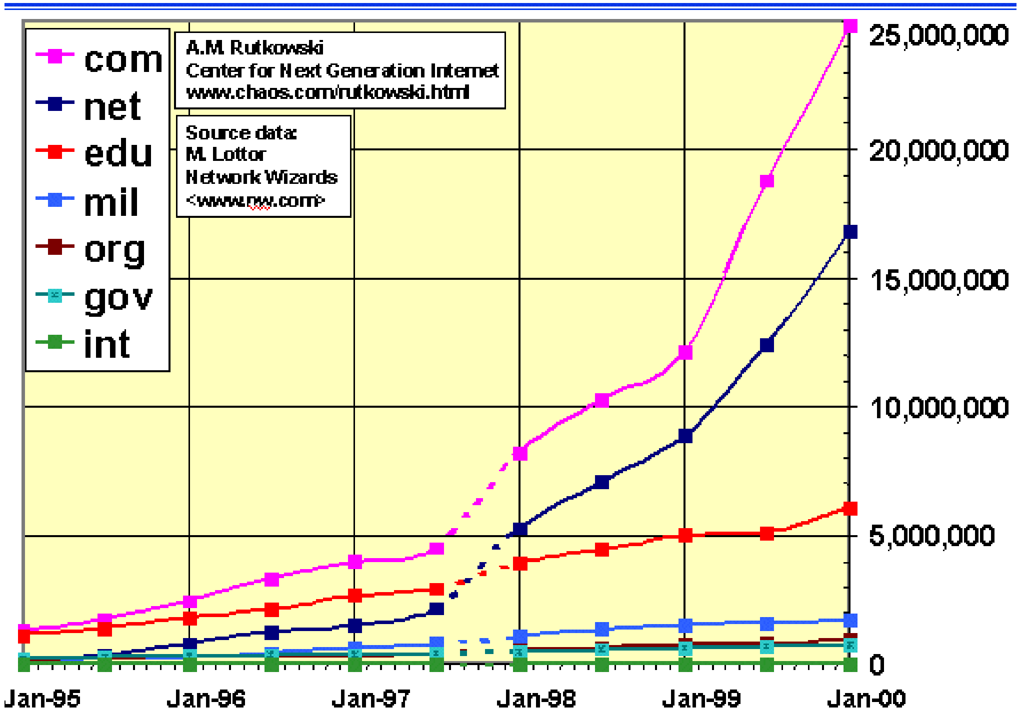
Kommerzialisierung des Internet



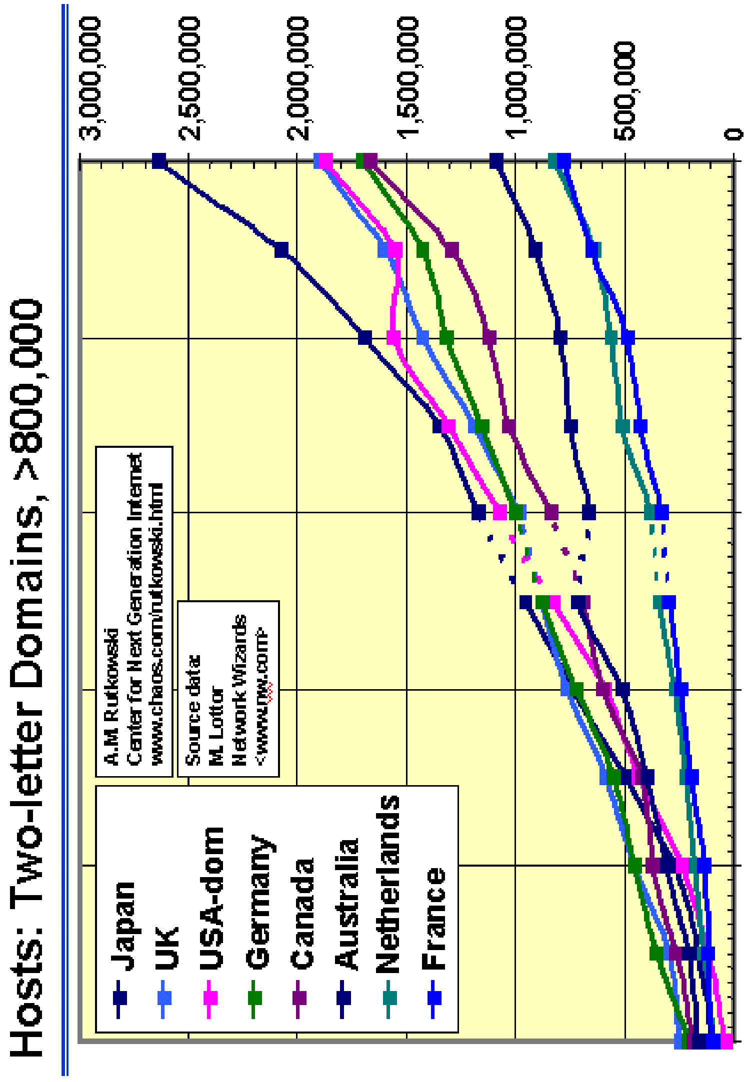
http://navigators.com/statdom.gif

"com" majorisiert "edu" 1994 ==>
Kommerzialisierung des Internet

Three-Letter-Domains 1995-2000

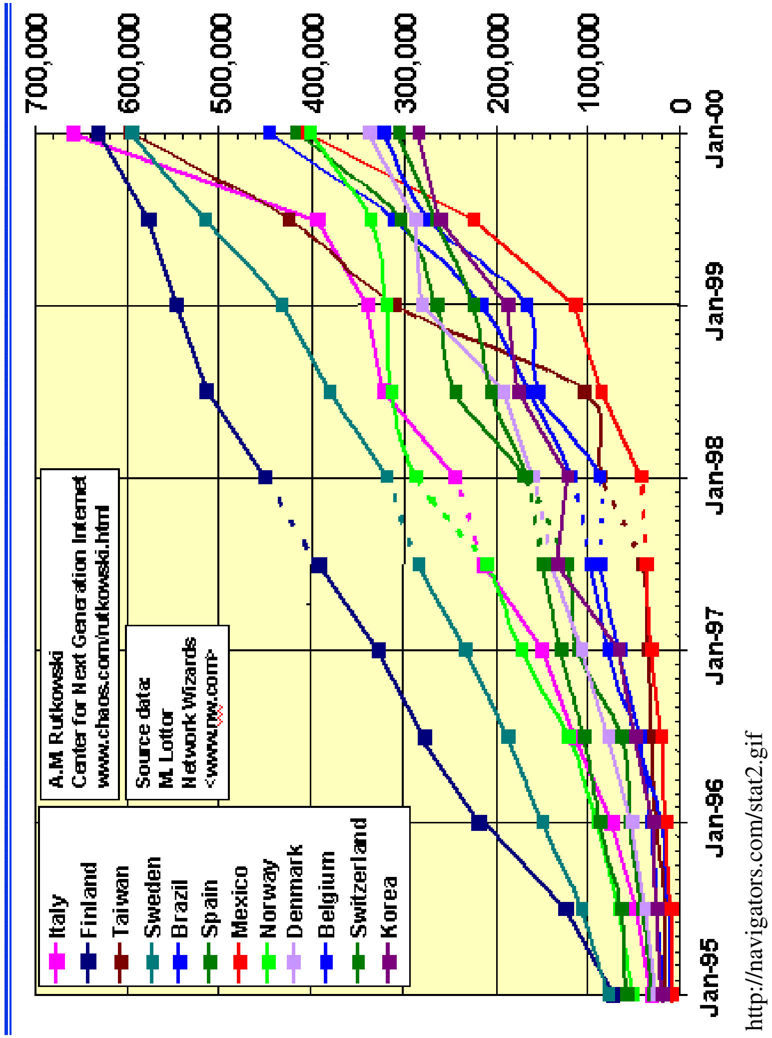


http://navigators.com/statdom.gif



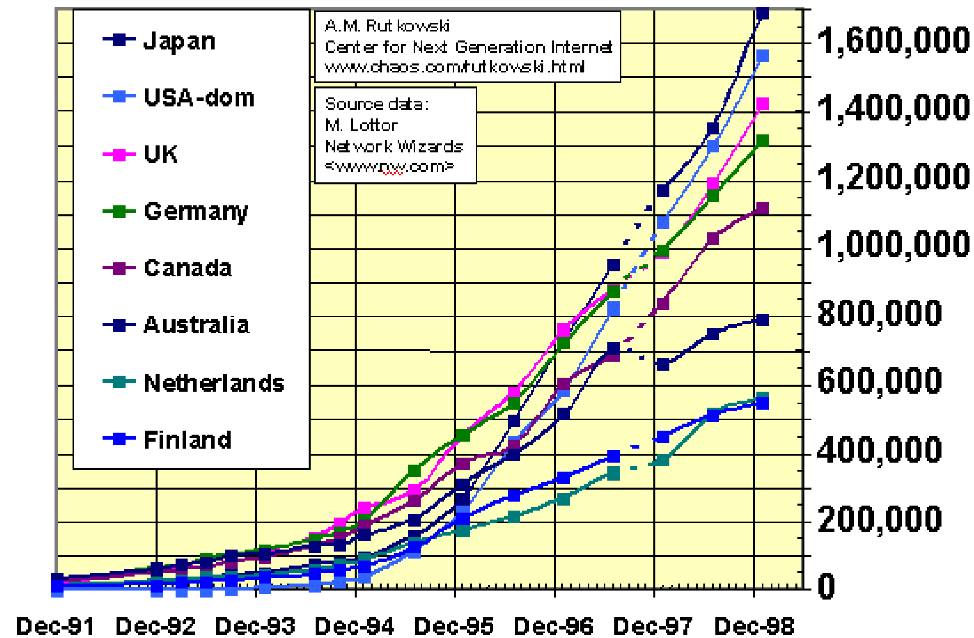
http://navigators.com/stat1.gif

Hosts: Two-letter Domains, 300k-700k

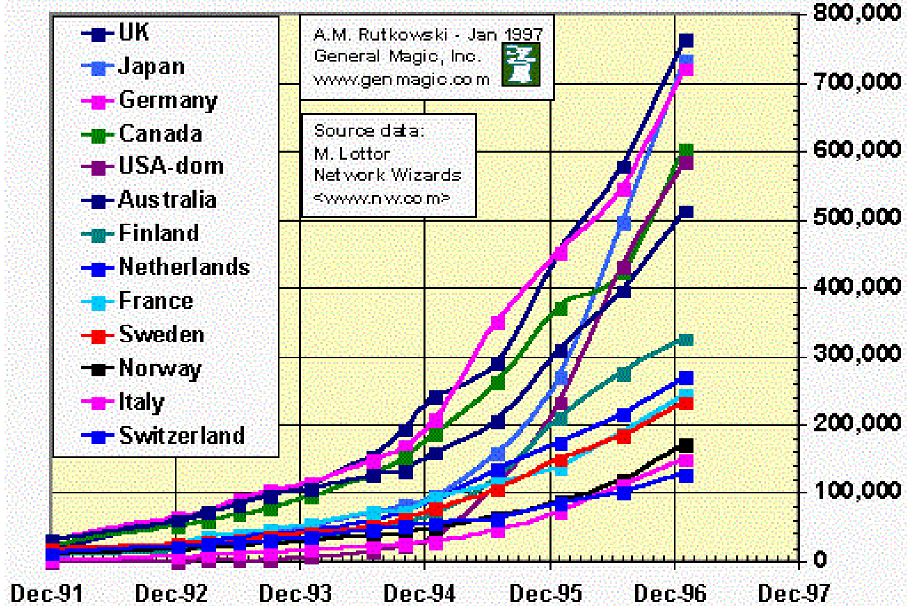


http://navigators.com/stat2.gif

Hosts: Two-letter Domains, >500,000



Hosts: Two-letter Domains: >120,000



http://navigators.com/stat1.gif

Web Statistics (June 1999)

- Number of Web Sites: 4,882,000 (+/- 3%)
- Number of Public Web Sites: 2,229,000 (+/- 4%)
- Number of Public Web Pages: 288,221,000 (+/- 35%)

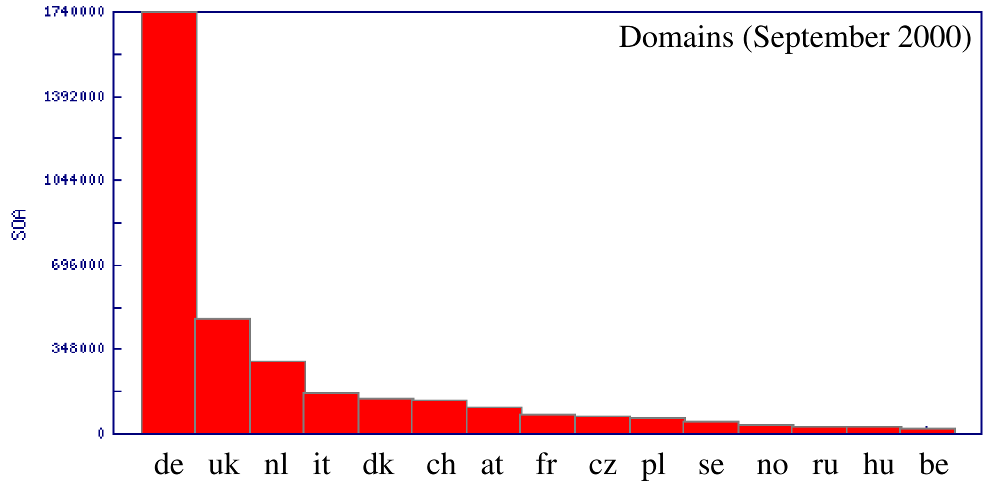
Web Growth	1997	1998	1999
Web Sites:	1,570,000	2,851,000	4,882,000

- Distribution of sites across countries:
  - United States 55%
  - Germany 6%
  - Canada 5%
  - United Kingdom 5%
  - Japan 3%
  - Australia 2%

- IP addresses identifying a Web site in 1998 that no longer identify a Web site in 1999 ("Web volatility"): 44 %

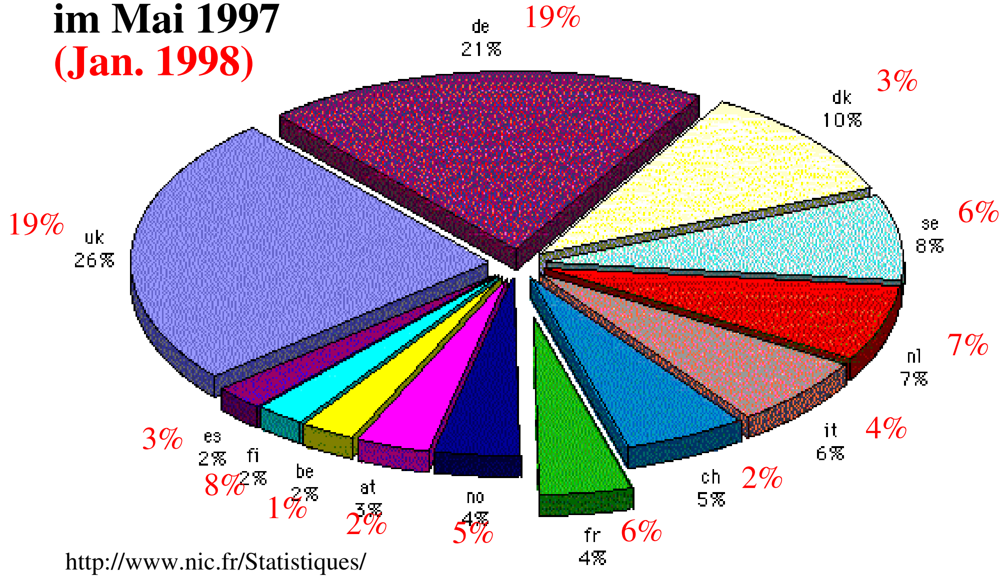
Confidence intervals are reported at the 95% level
Source: www.oclc.org/oclc/research/projects/webstats/statistics.htm

Internet in Europa



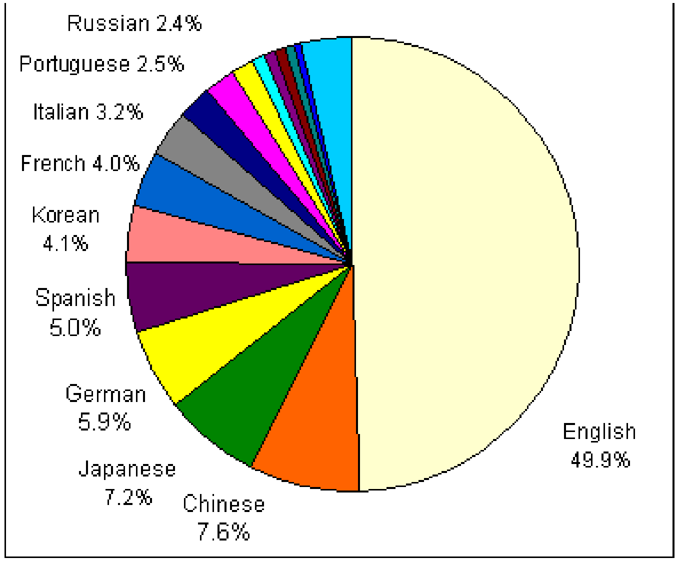
http://www.nic.fr/statistiques/eu/eu-domain-repart.html

Host-Anteile in Europa im Mai 1997
(Jan. 1998)



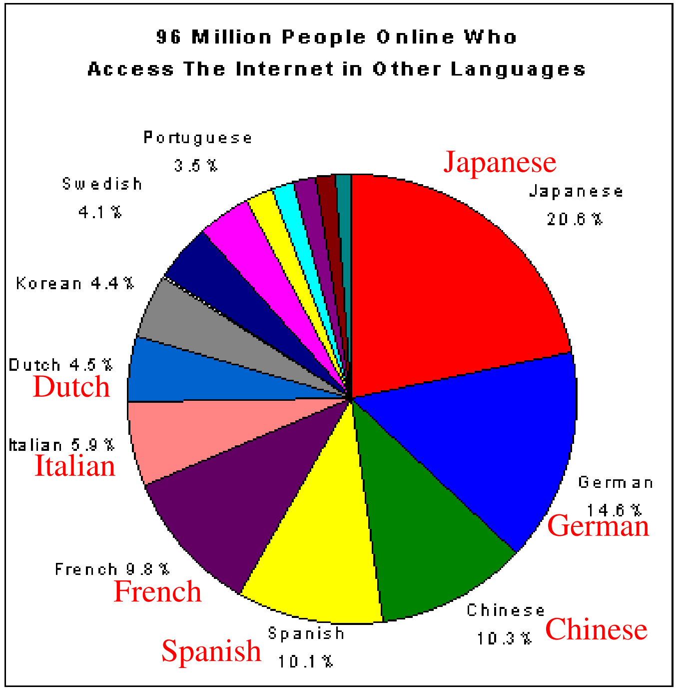
http://www.nic.fr/Statistiques/
HostCount/dns-eu-cam.gif

Sprachen im Internet



September 2000

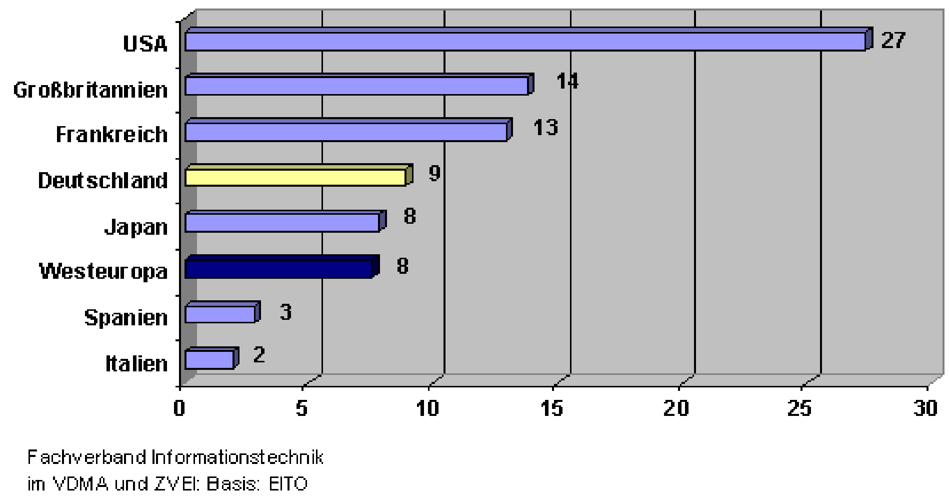
Beachte aber auch www.oclc.org/oclc/research/projects/webstats/statistics.htm :
English: 80%
German 8%
Japanese 4%
French 3%
Portuguese 3%
Spanish 3%
Chinese 2%
Italian 2%
Durch 1%
(June 1999)



1999

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

Internet-Abonnenten je 100 Einwohner 1998

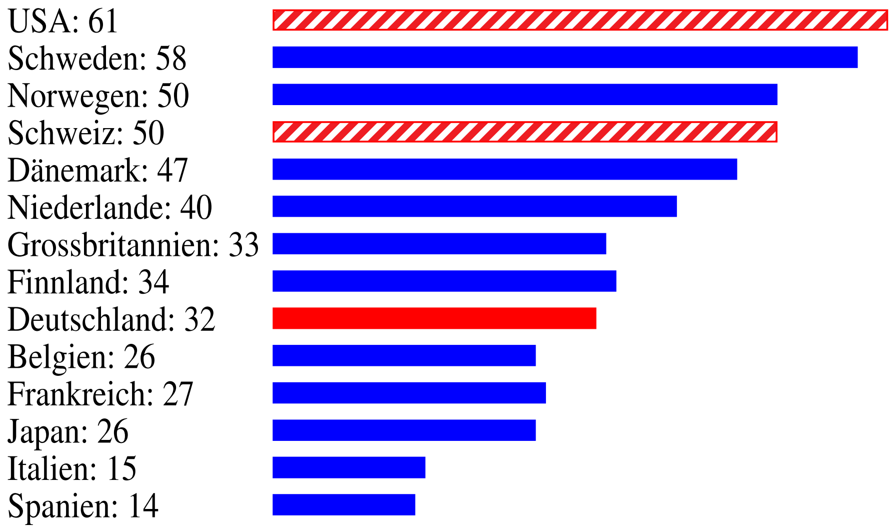


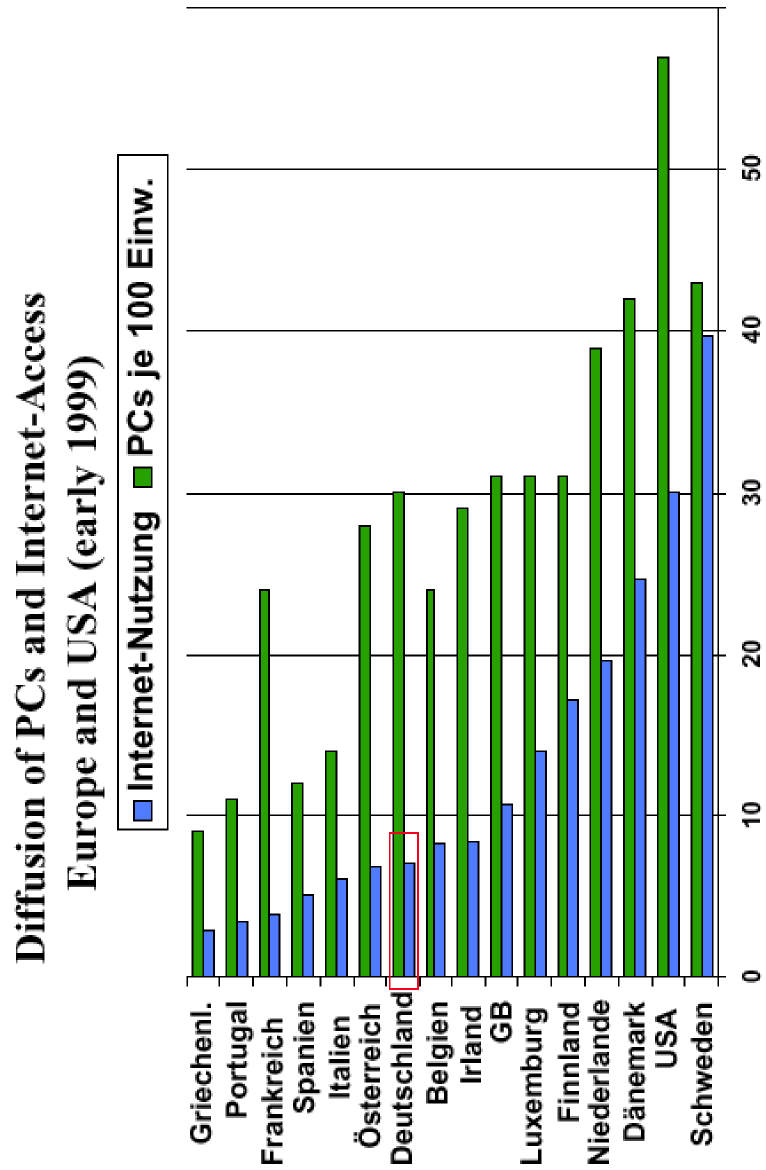
Quelle: “Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts”, Aktionsprogramm der Bundesregierung Deutschland, 1999, http://www.iid.de/aktionen/aktionsprogramm/

Update Februar 2000:

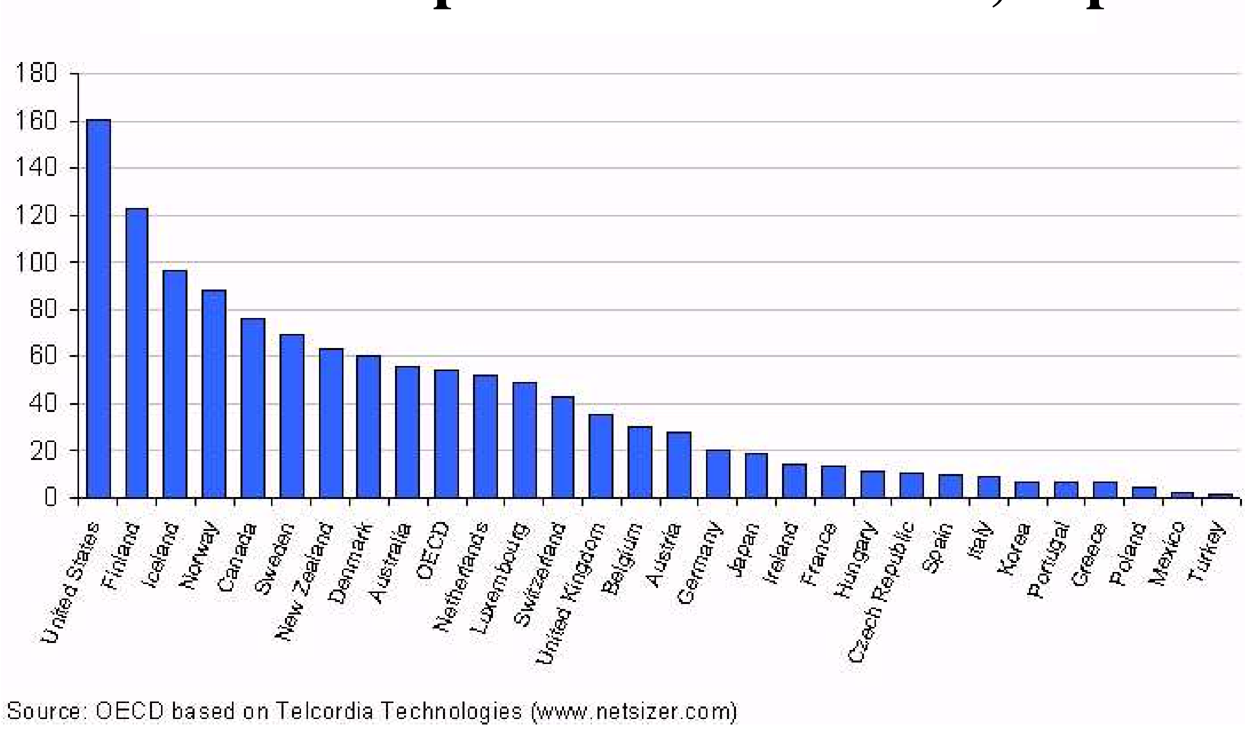
USA: 28
Grossbritannien: 16
Deutschland: 13

PCs je 100 Einwohner Feb. 2000



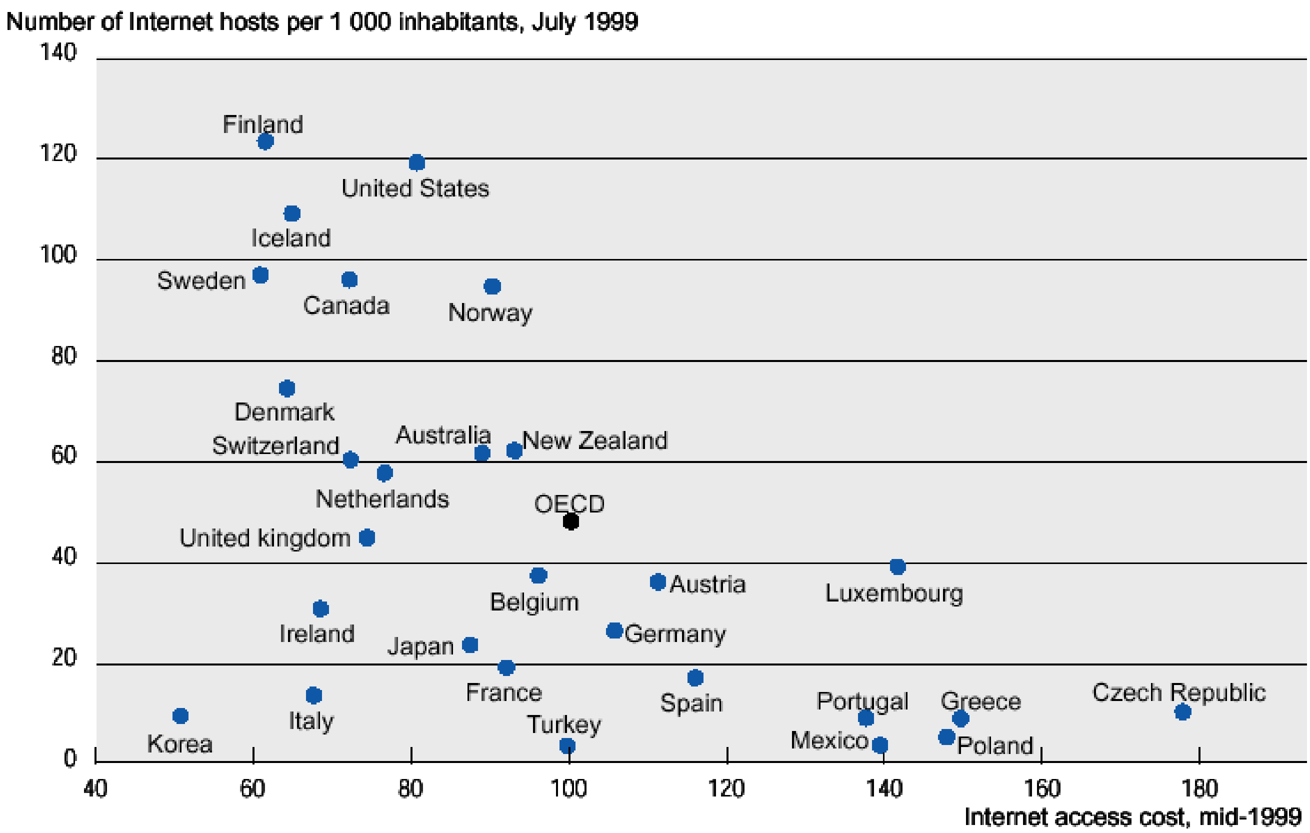


Internet-Hosts pro 1000 Einwohner, Sep. 1999



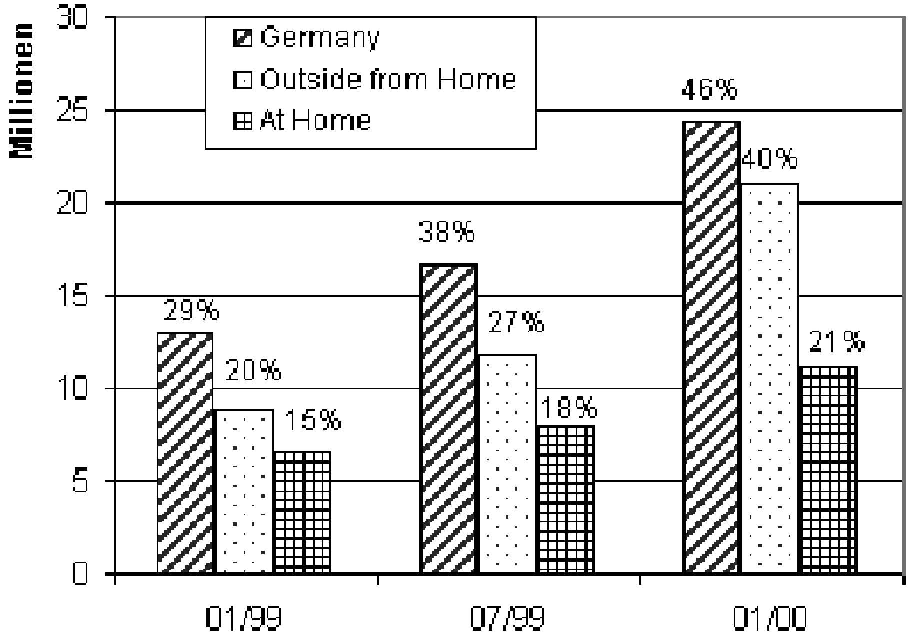
http://www.oecd.org/dsti/sti/it/cm/stats/HOSTS1.jpg

Internet-Zugangskosten und Internet-Verbreitung

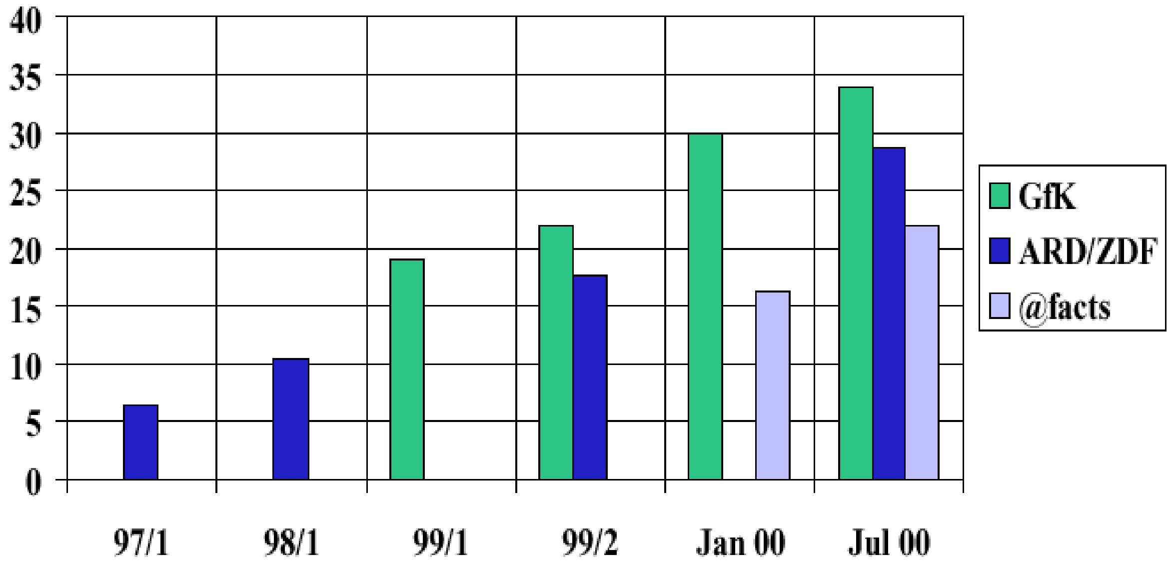


OECD Information Technology Outlook 2000 (March 200),http://www.oecd.org/dsti/sti/it/prod/it-out2000-e.htm

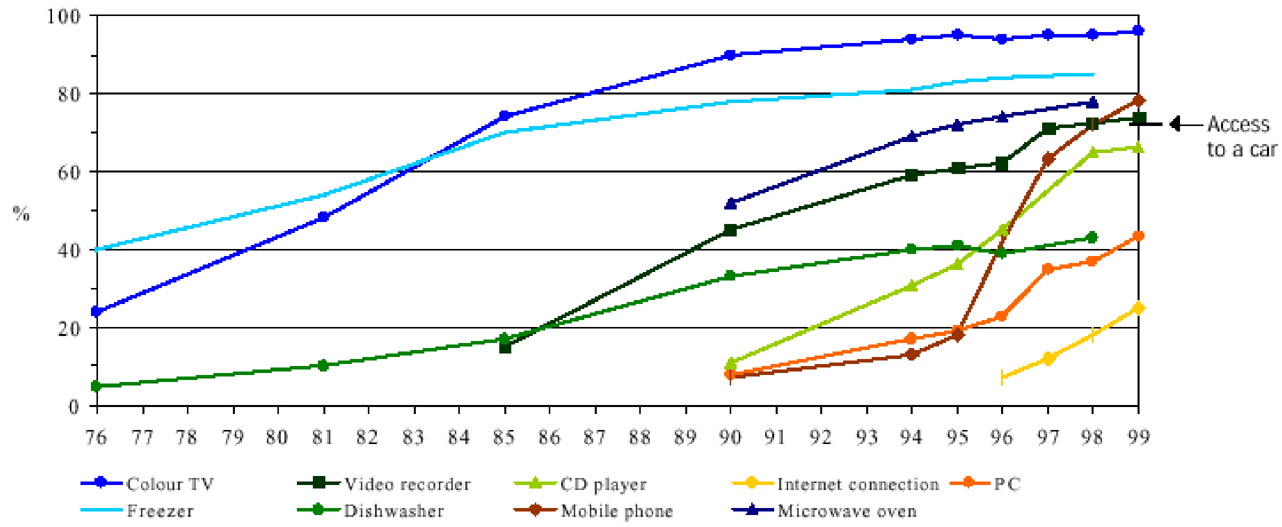
Internet Acces in Germany (GfK)



Internet- Use in Germany (access > use)

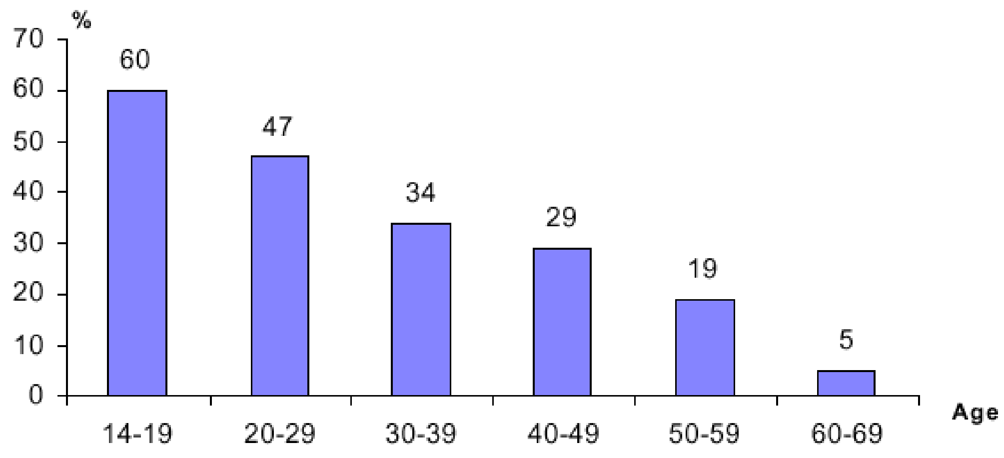


Spread of certain appliances and devices to households in Finland up to autumn 1999 (percentages of households possessing at least one appliance of the given type)

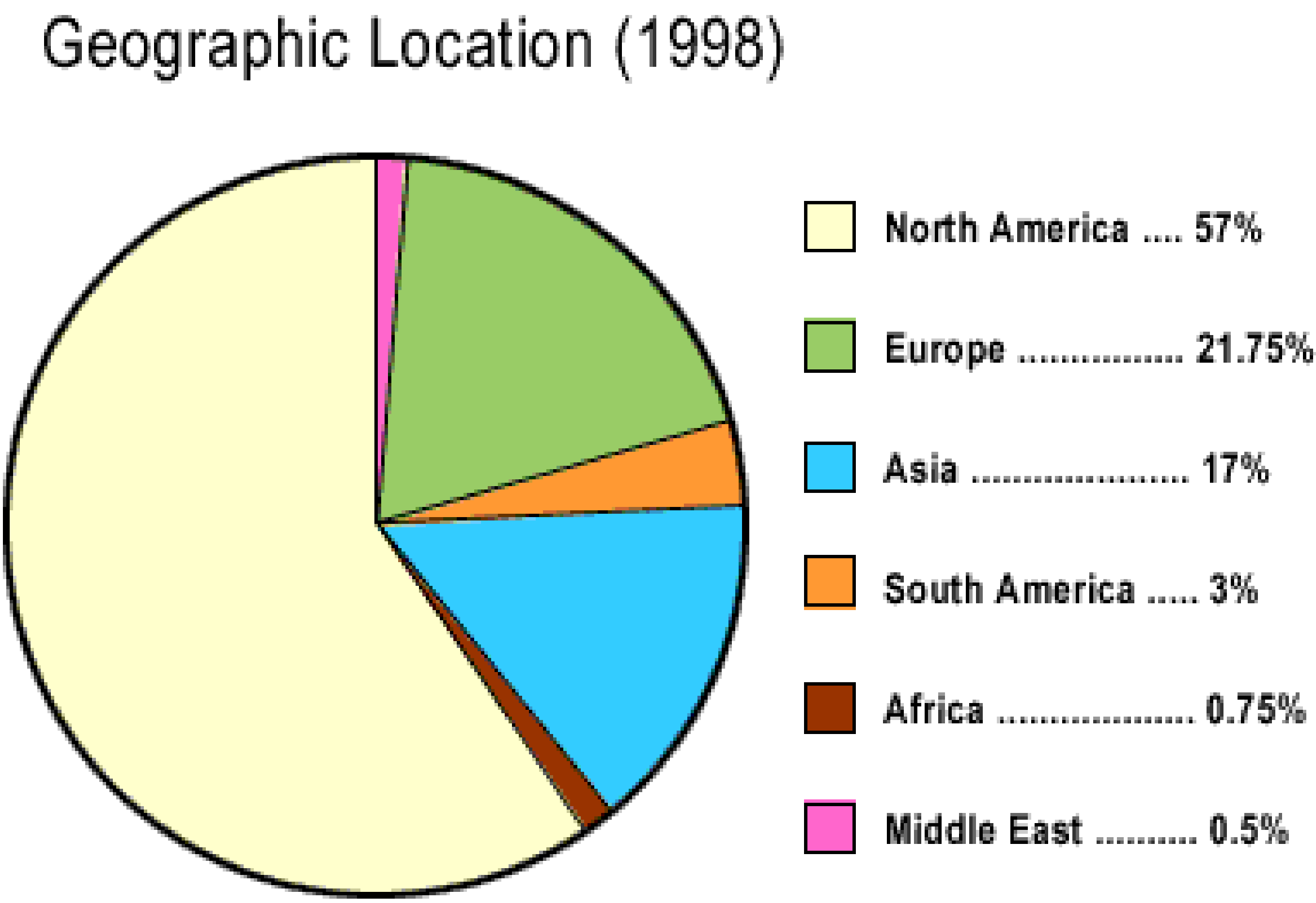


Source: Household Budget Survey and Consumer Survey, Statistics Finland

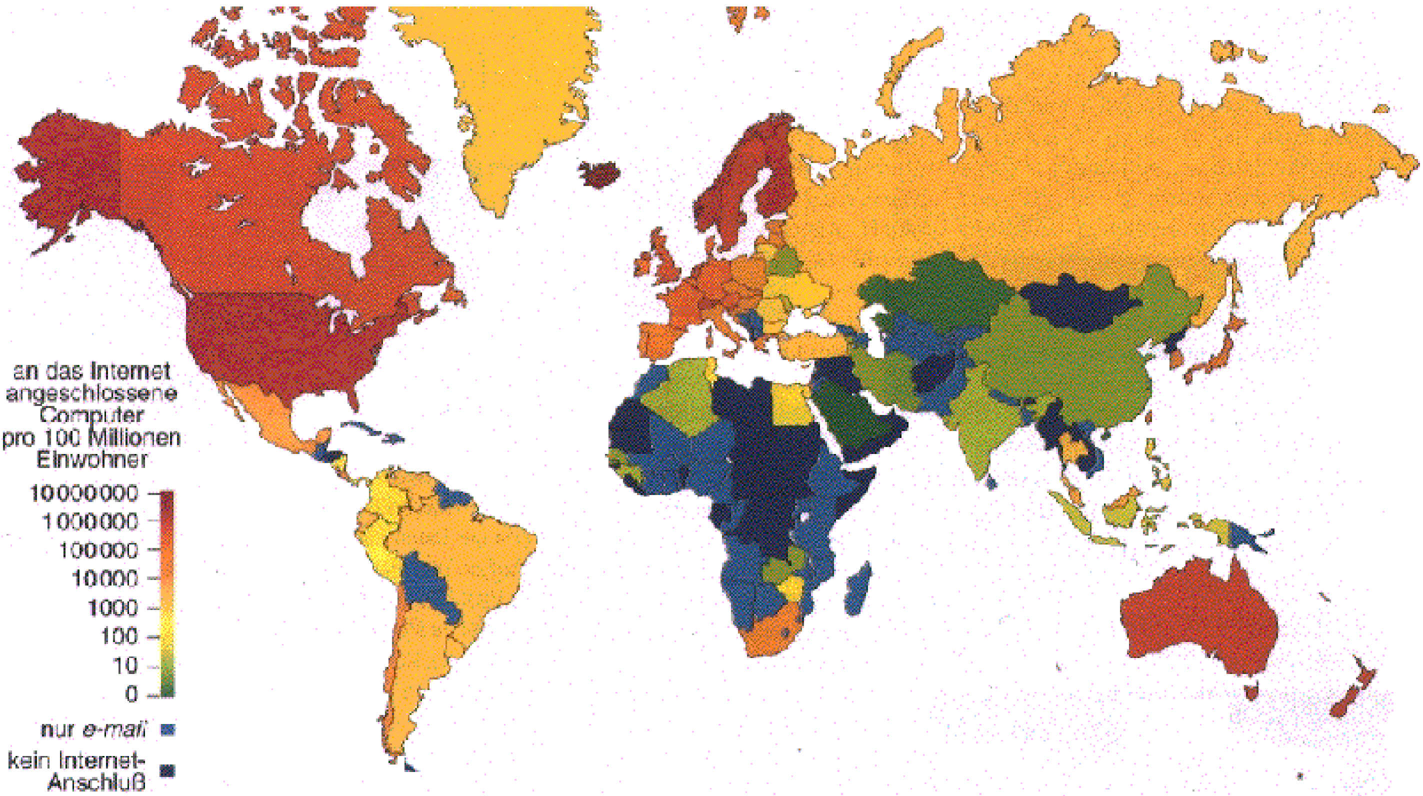
The Share of Internet Utilization in Different Age Groups



Source: GfK Online-Monitor 5th Wave (January 2000) http://www.nua.ie/surveys/analysis/graphs_charts/1998graphs/images/location_98.gif

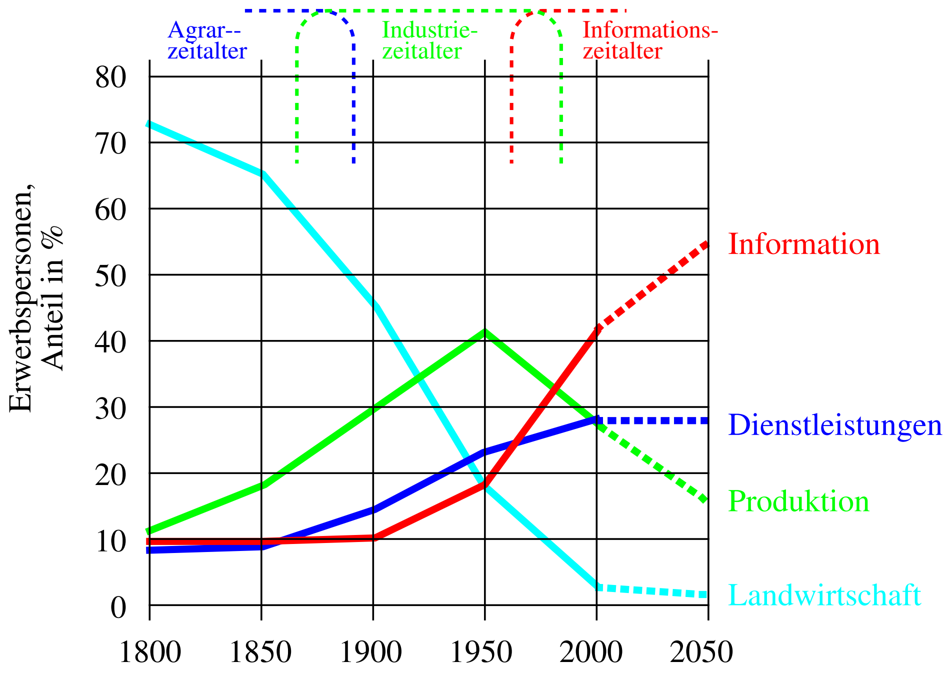


Internet-Verbreitung (ca. Anfang 1996)



Das Informationszeitalter

- Hier dargestellt am Vier-Sektoren-Modell:



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

Abbildung: http://www.bmwi-info2000.de/gip/fakten/zeitbild/kapitel4.html

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, BRD (1995)

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

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

- Knapp 5% des deutschen BSP flossen 1995 in Informationstechnik und Telekommunikation (“IuK”)
- 1997 waren es in den USA 7.8%, in Japan 7.5%, in der EU 6% (Quelle: OECD)

Erwerbstätige im IuK-Sektor

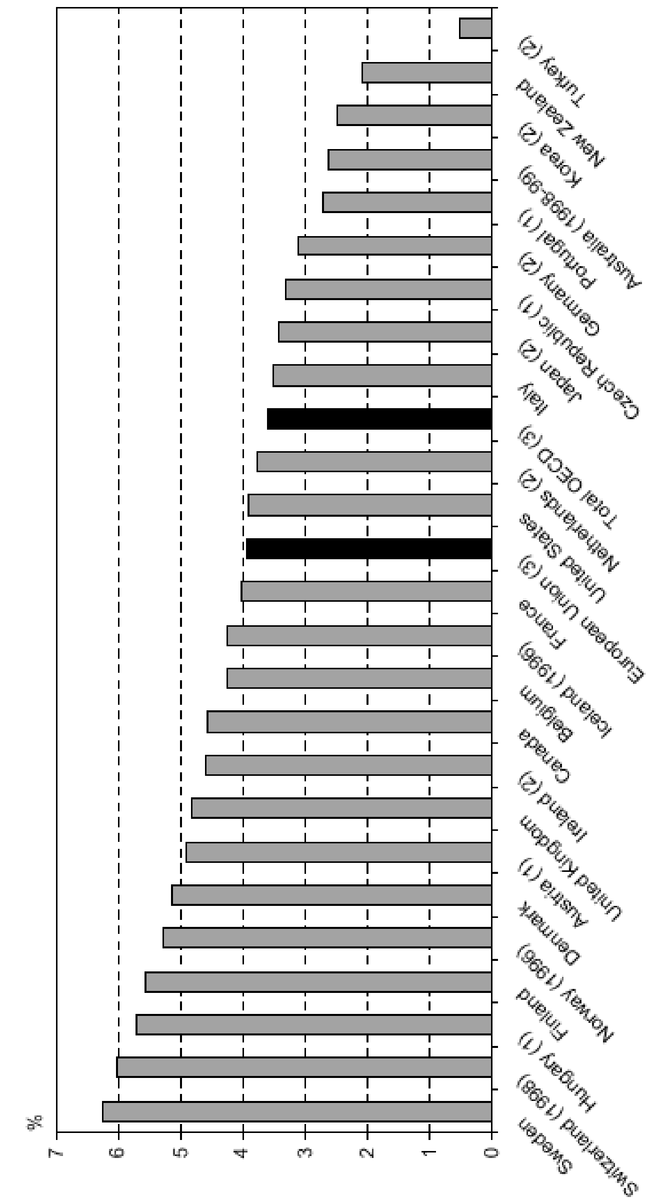
Deutschland 1999:	
Hardware, Software & Services	**1.037.420**
Informationstechnik	433.160
Herstellung von Büromaschinen und DV-Geräten	135.680
Software und IT-Dienstleistungen	297.480
Telekommunikation	338.000
Herstellung von nachrichtentechnischen Geräten	101.000
Fernmeldedienste	237.000
Elektronische Bauelemente	81.500
Unterhaltungselektronik	35.280
Fachhandel und Distribution	149.480

Quelle: “Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts”, Aktionsprogramm der Bundesregierung Deutschland, 1999, http://www.iid.de/aktionen/aktionsprogramm/

Die **Schweiz** hatte 1998 insgesamt 172 000 Beschäftigte im IuK-Sektor, das sind **6%** aller Erwerbstätigen (zum Vergleich: Deutschland 3.1%, USA 3.9%, EU 3.9%).

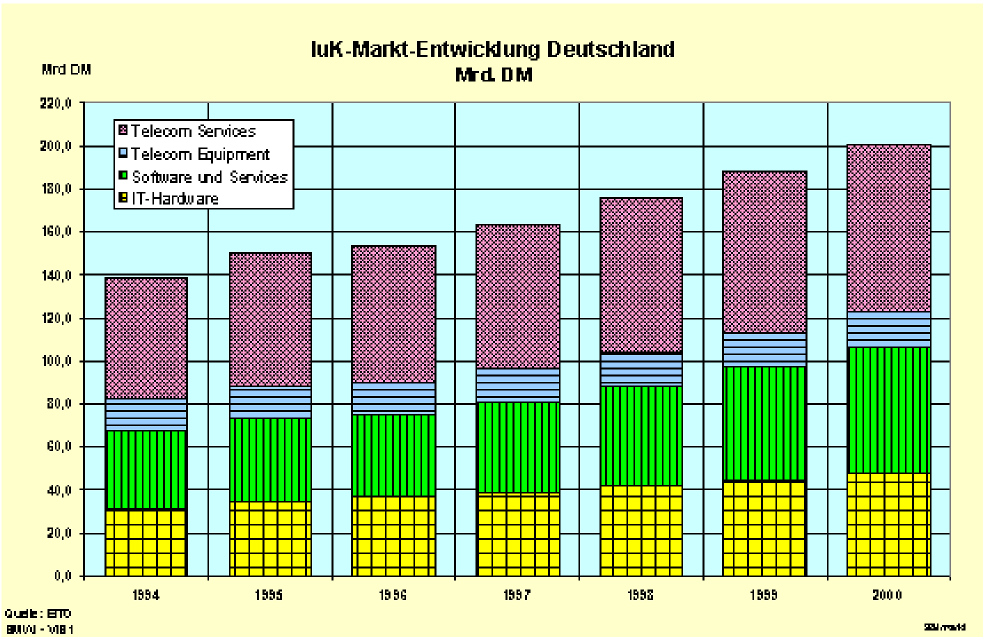
Quelle: “Measuring the ICT Sector (OECD, Oct 2000)”, http://www.oecd.org/dsti/sti/it/prod/measuring_ict.htm

Employment in the ICT Sector as a Share of the Business Sector



Measuring the ICT Sector (OECD, Oct 2000)
http://www.oecd.org/dsti/sti/it/prod/measuring_ict.htm

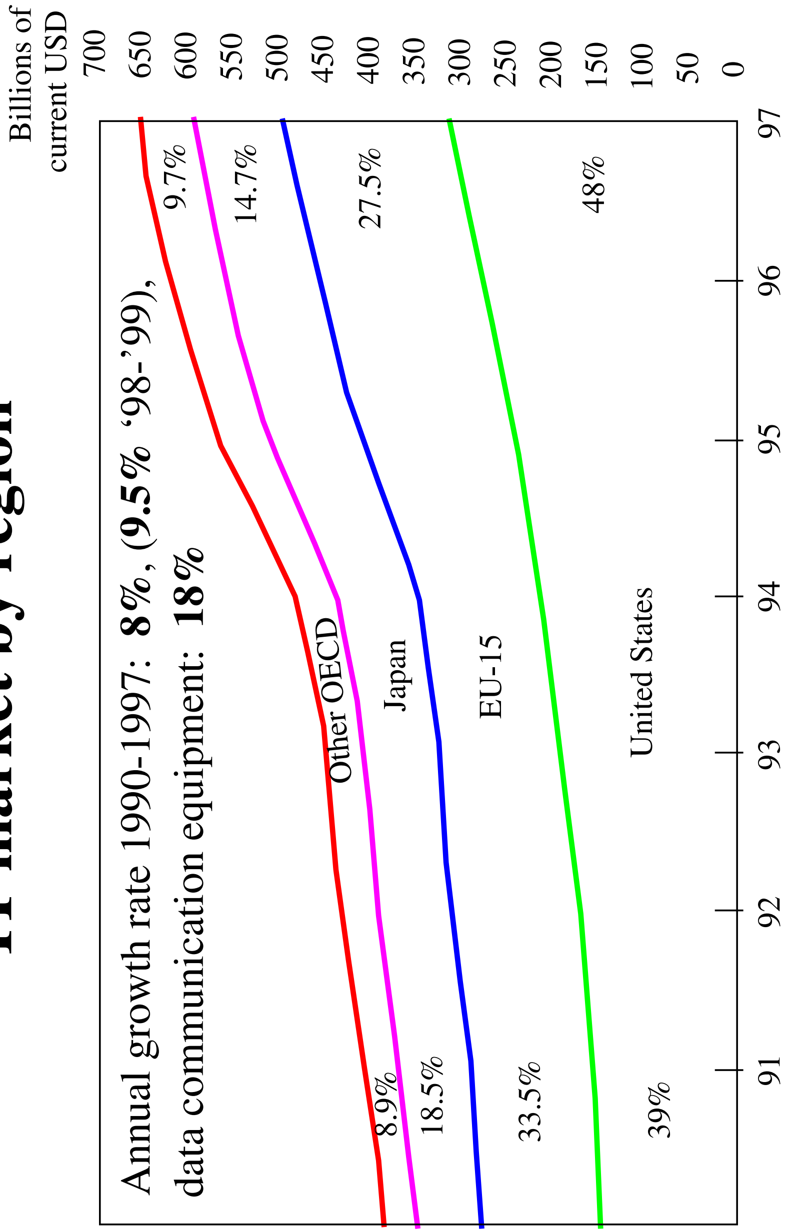
Expansion des IuK-Marktes



Nicht zuletzt durch die wirtschaftliche Entwicklung des Internet ist die Informations- und Telekommunikationstechnik heute einer der wichtigsten Wachstumsmotoren der deutschen Wirtschaft. Allein 1998 legten die Umsätze in Deutschland um 6,5 vH auf 191 Mrd. DM zu. Für 1999 rechnet die Branche mit einem weiteren Wachstum, das den IuK-Markt über die Schwelle von 200 Mrd. DM heben würde. Der IuK-Markt wird damit voraussichtlich den Automobilmarkt erstmals übertreffen.

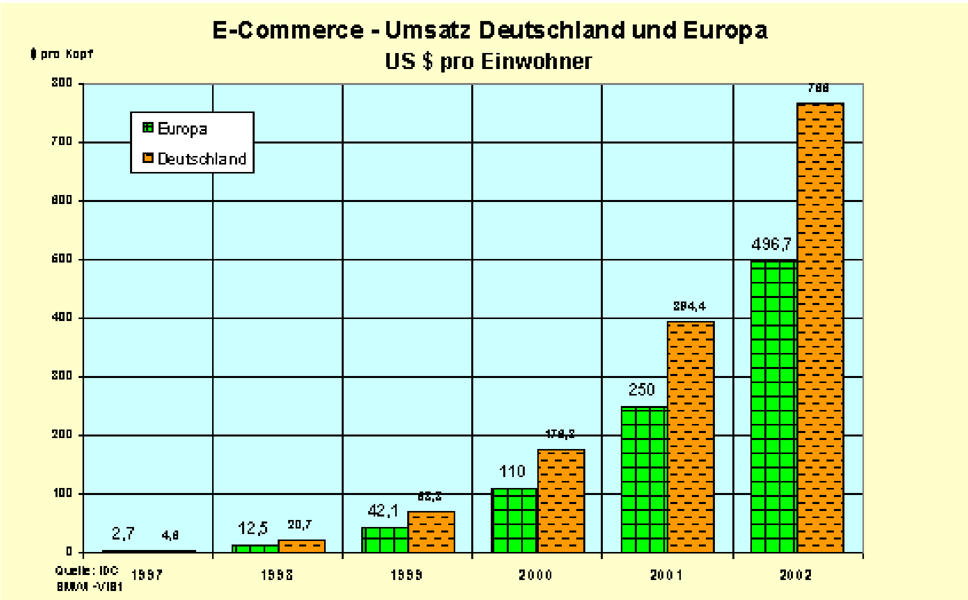
Quelle: "Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts", Aktionsprogramm der Bundesregierung Deutschland, 1999, http://www.iid.de/aktionen/aktionsprogramm/

IT market by region



Source: OECD Information Technology Outlook 2000

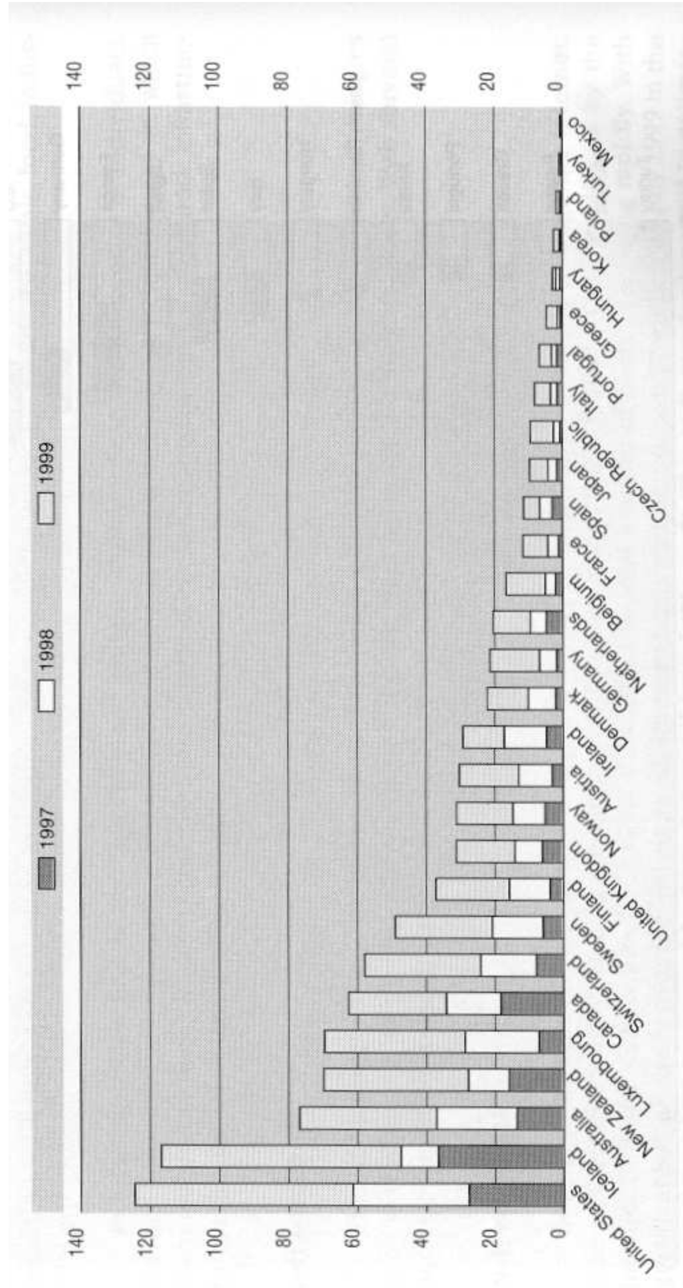
E-Commerce als Internetanwendung



Prognose:
Der Gesamtmarkt für E-Commerce (Business-to-Business und Business-to-Consumer) wird allein in den G7-Staaten (ohne Kanada) nach einer Zusammenstellung von Booz, Allen & Hamilton bis zum Jahr 2002 auf rd. 679 Mrd. DM anwachsen. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von fast 90 vH.

Quelle: "Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts", Aktionsprogramm der Bundesregierung Deutschland, 1999, http://www.iid.de/aktionen/aktionsprogramm/

Number of secure Web servers per million inhabitants



Source: OECD Information Technology Outlook 2000

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

- Und warum kommunizieren jetzt auch Maschinen?

- Kommunikationsprobleme sind eine alte Geschichte...

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

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

Zur Geschichte der Kommunikation

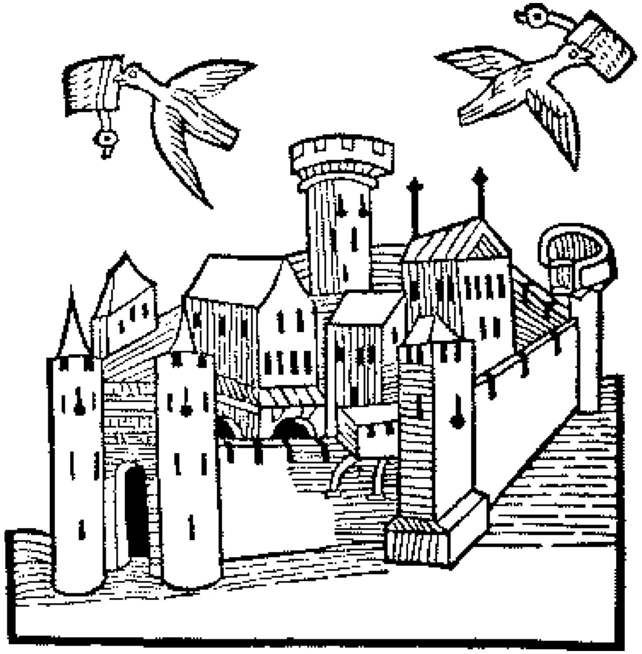
- Fackeltelegraphie bereits im 5. Jhd. v. Chr. (Griechenland)
  - Einfache Fernübermittlung von Zeichen vermutlich viel früher

- 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 <u>Zeichengruppe</u>
    2. Senken der Fackeln
    3. Heben von Fackeln über die rechte Hälfte der Wand zur Bekanntgabe des <u>Zeichens</u>
    4. Senken der Fackeln

Trommeln

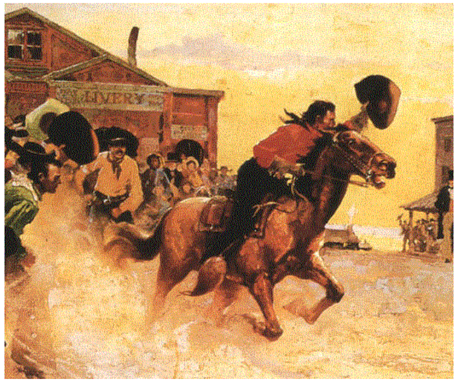
http://www.databahn.net/library/inet/history/

Brieftauben



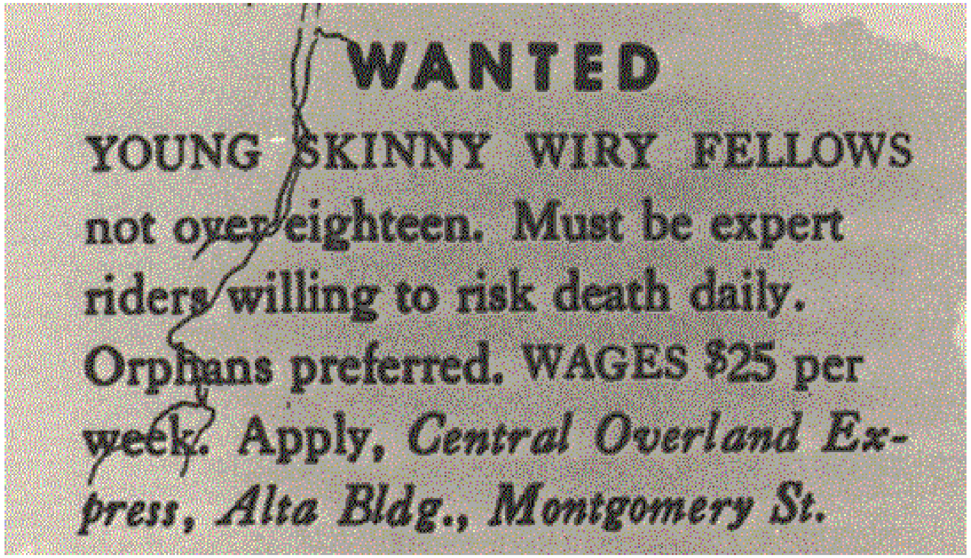
Holzschnitt aus dem Jahr 1481
(Coll. Bibl. de Genève)

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.

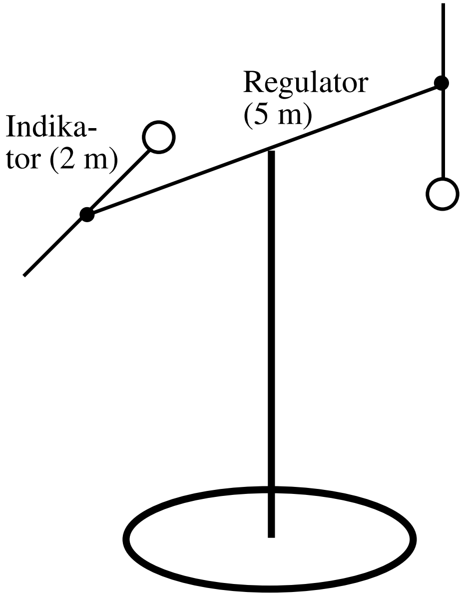


WANTED

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.*

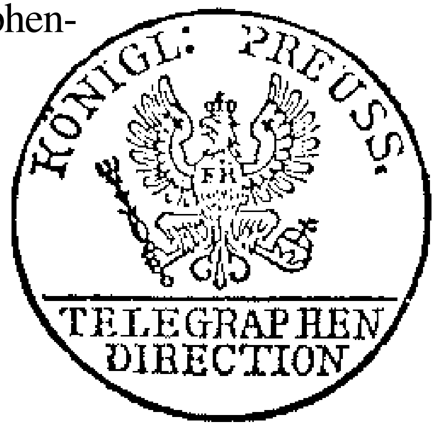
Optische Telegraphen

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

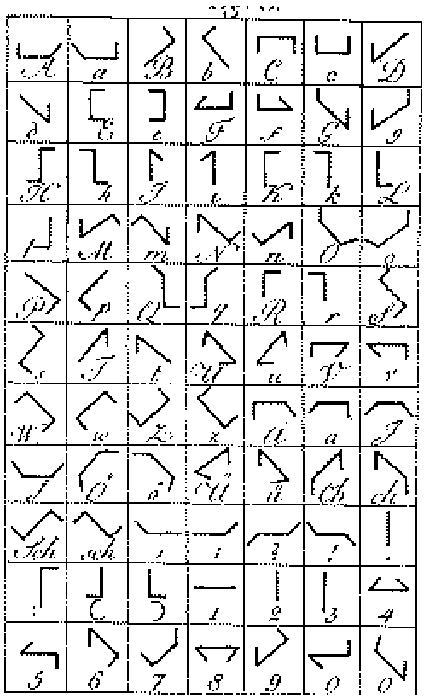


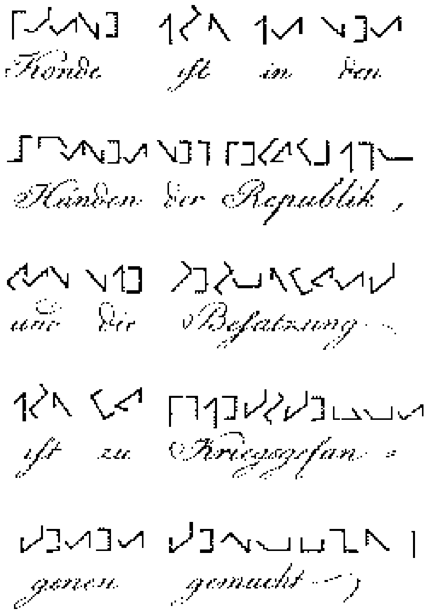
- Flügeltelegraph aus 3 beweglichen Teilen
- Auf Hügeln, Kirchtürmen...
- Arme in 45^0-Schritten beweglich
- 256 Positionen, zu 50% genutzt
- Beobachtung per Teleskop
- Zeichenwechsel ca. alle 15s
- Telegraphenketten (ca. 5000km insgesamt mit 556 Stationen)

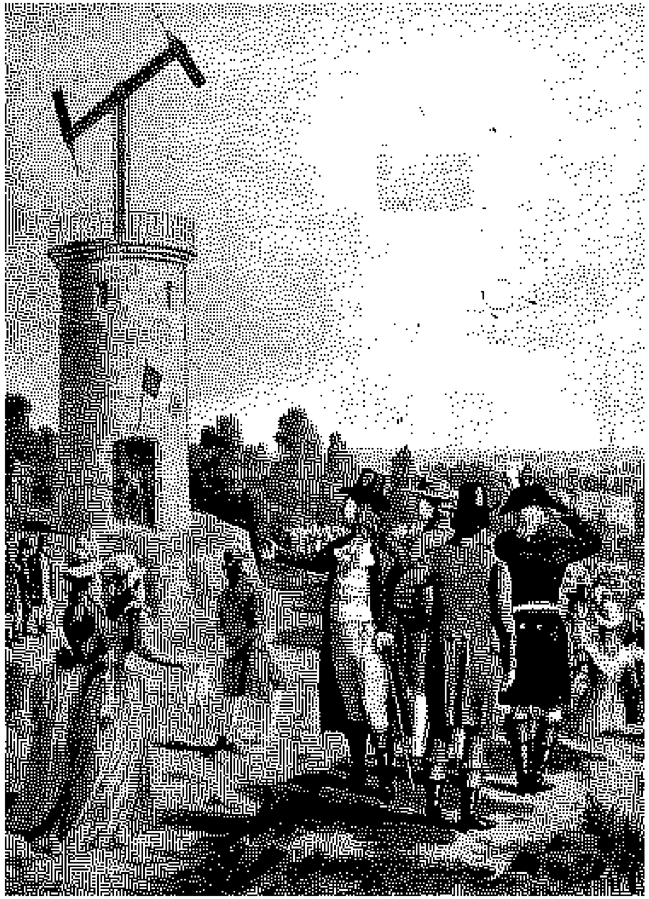
- Deutschland: optische Telegraphenlinie Berlin-Köln erst 1832
  - Dorotheenstrasse Berlin
  - via Potsdam, Magdeburg
  - 64 Zwischenstationen
  - Fortsetzung über Bonn nach Koblenz
  - militärisch bedeutsam (Nähe der preuss. Grenze zu Frankreich)
  - 1852 ersetzt durch elektrische (unterirdische) Telegraphenleitung



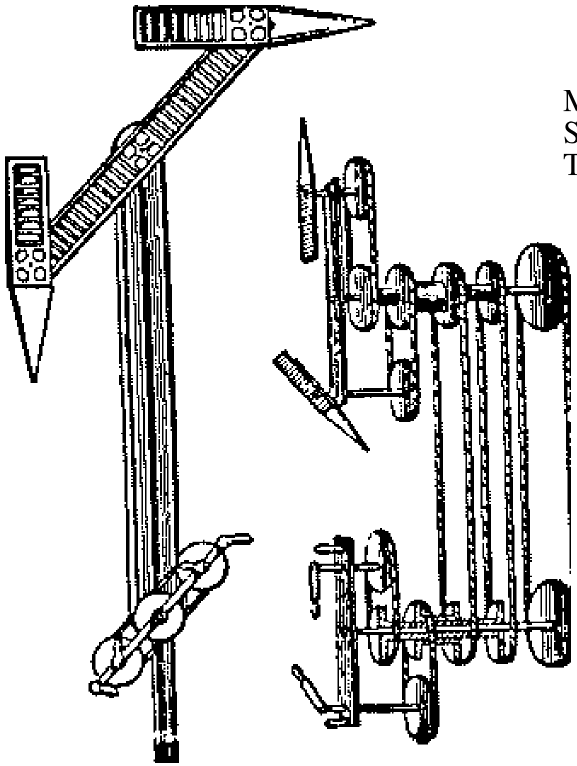
Der Signalcode







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

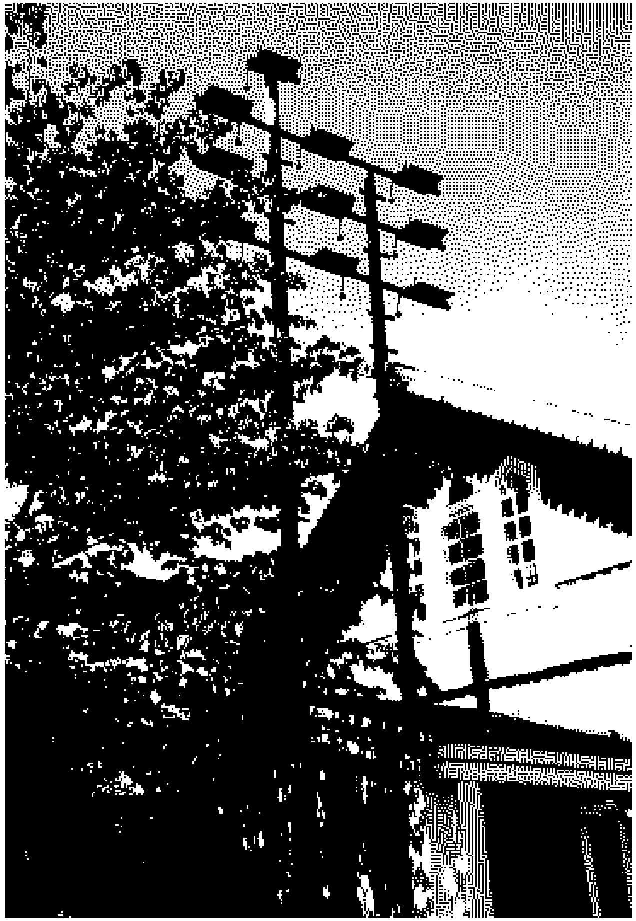


Mechanik des Semaphor-Telegraphen

Mobiler Semaphor-Telegraph während des Krimkrieges 1853-1856

Das schwedische Telegraphensystem

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



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...

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/)

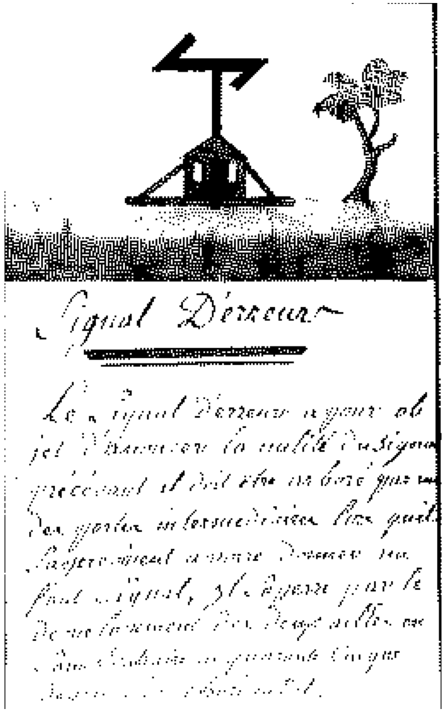
Communication, says Edelcrantz, is initiated by the sender with a specific control signal, which he called the speech signal. It is to be acknowledged by the receiver with another control signal, called the attention signal, which was possibly acknowledged with a correct reception signal.

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.

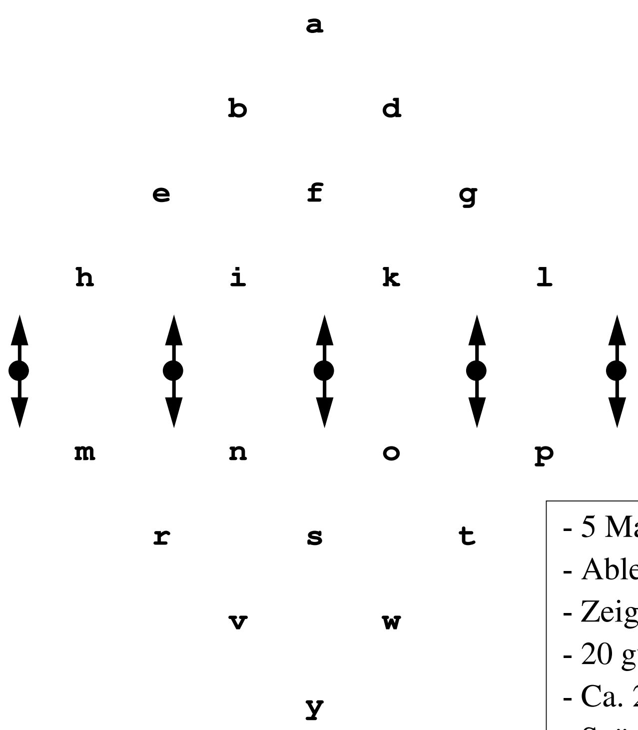
Edelcrantz defines a coherent set of signals to implement a flow control discipline. Among these is signal-code 707, which was used to request the retransmission of a signal, by following it with the signals for a three-digit number that referred to a location of a signal in the logbook of received messages. 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.

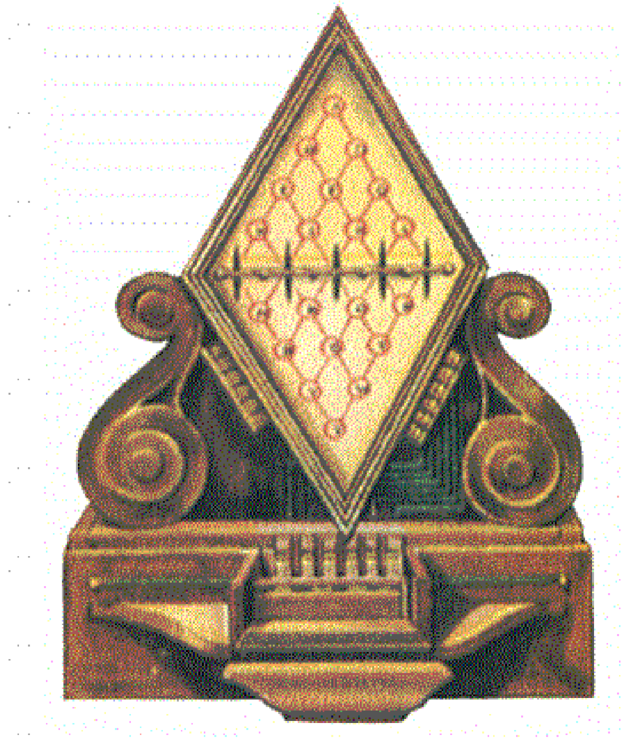
Elektrische Telegraphen

- 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)

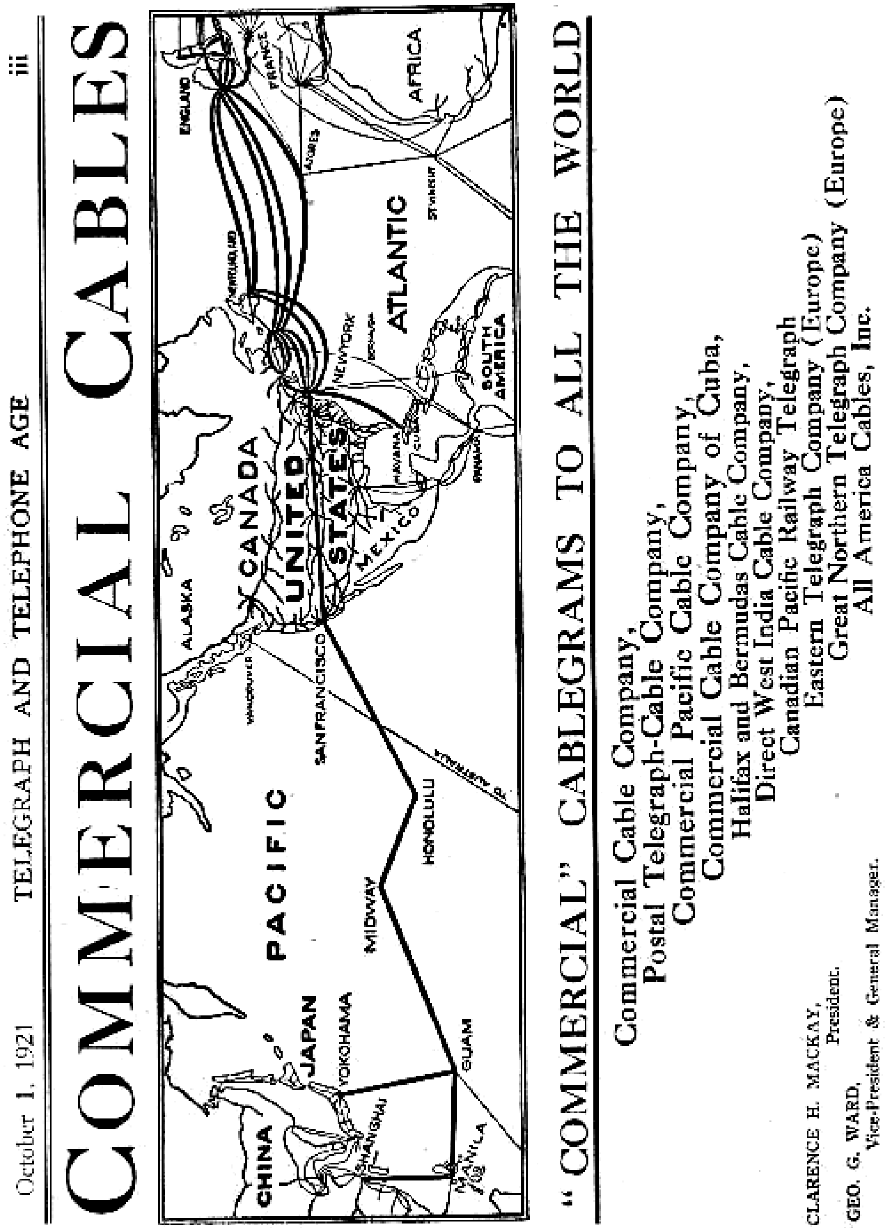
wann wurde eigentlich das elektrische Licht erfunden?

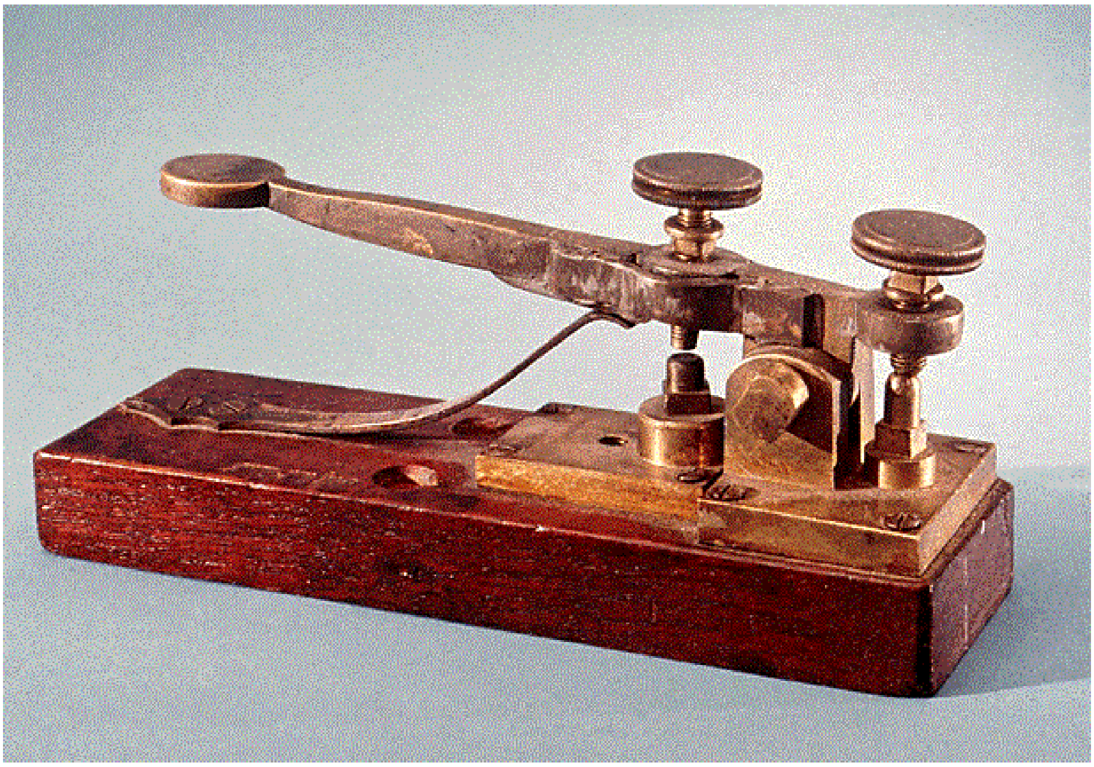
- Grössere Entfernungen erst nach Entdeckung des Induktionsprinzips und Verwendung von Telegraphen<u>relais</u>

benannt nach den Wechselstationen für Postpferde

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

--> Eigenständige Industrie (Telefonbau, Elektro)





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.

- Drucker für telegraphisch übermittelte Börsenkurse

Telefon

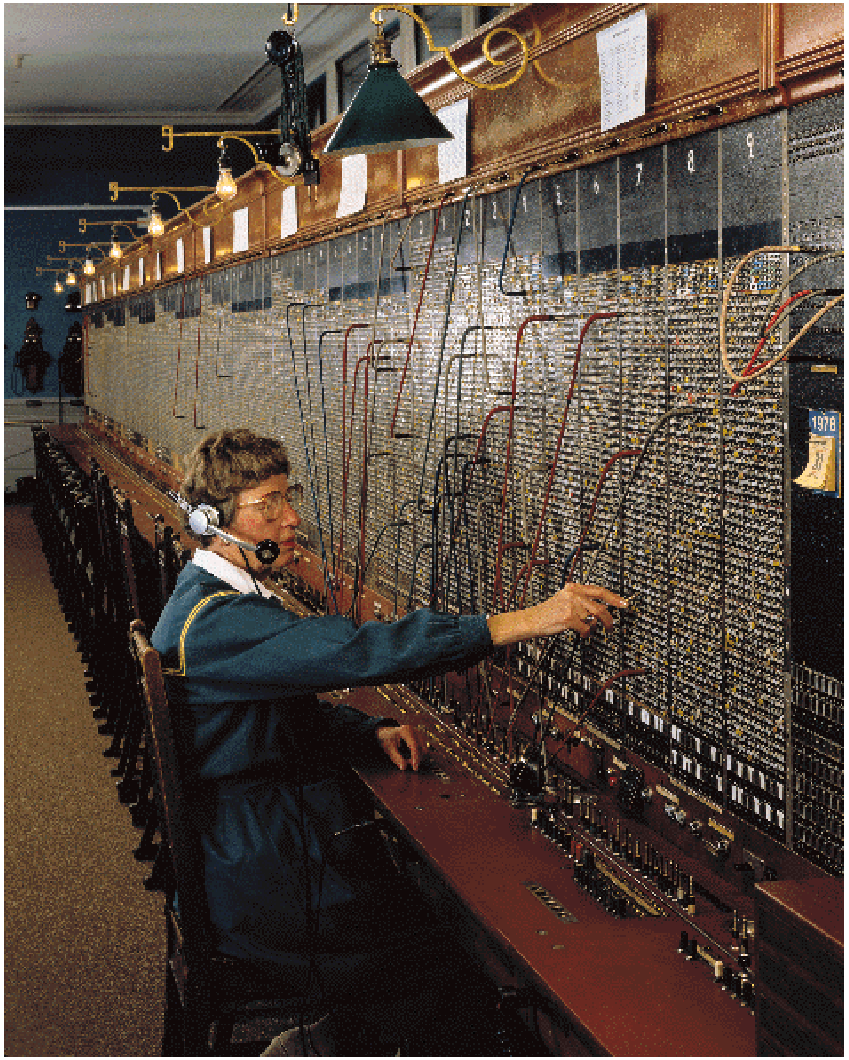
- Reiss 1861-63
- Bell 1876 (AT&T: 1885)

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

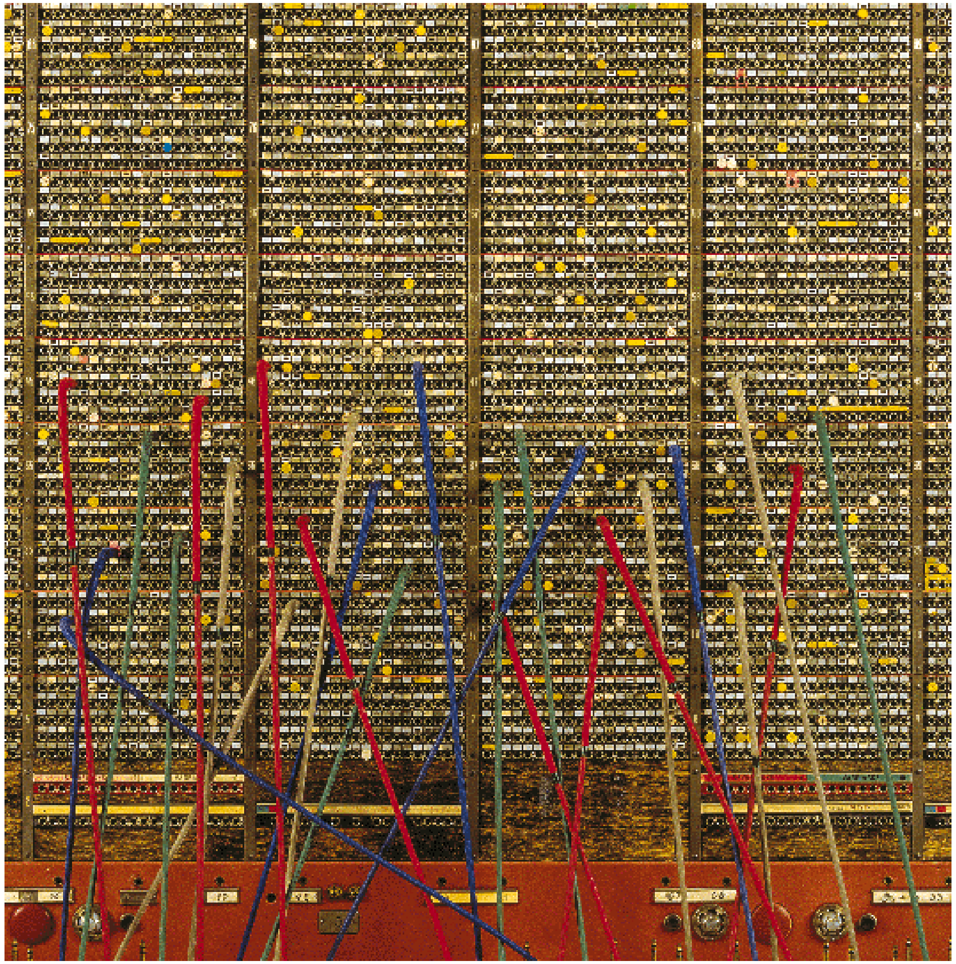
  Interner Aktenvermerk der Western Union aus dem Jahre 1876

- 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

Das Fräulein vom Amt



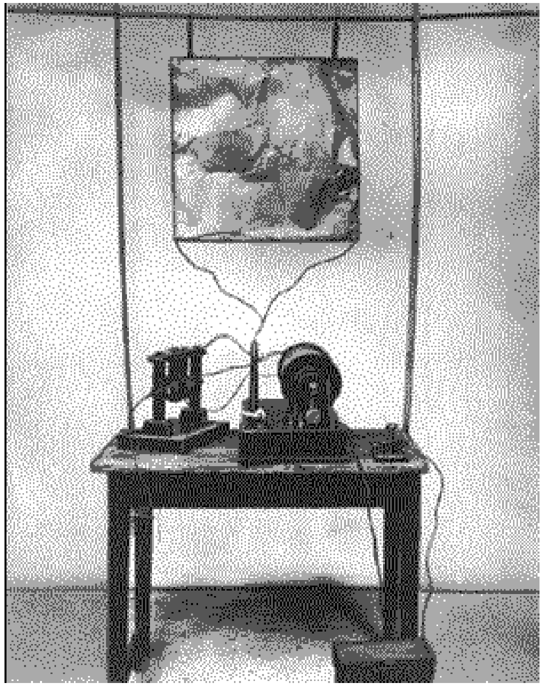
Falsch verbunden?



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