

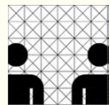
# D Kommunikation & Rechnernetze

## **D1 Einführung und Motivation**

D2 Technischer Überblick

D3 Lokale Rechnernetze

D4 Einige Gemeinsamkeiten von Betriebssystemen und Rechnernetzen: Architekturmodelle und Dienst-hierarchien

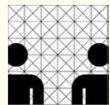


# D Kommunikations- und Rechnernetze:

## D1 Einführung und Motivation

### Wozu Kommunikationssysteme und Rechnernetze?

- **Erhöhung der Geschwindigkeit**  
→ *Parallelverarbeitung* (Parallelrechner, Parallelprogrammierung)
- **Erhöhung der Zuverlässigkeit**  
→ „*Graceful Degradation*“ (Mittel: verteilte Datenhaltung, verteilte Systemkontrolle, redundante HW/SW)
- **Dezentralisierung der Datenverarbeitung**  
→ *Nutzung von PCs, Workstations* "Distributed CRAY-1 resp. CRAY-X-MP"
- **Verfügbarmachung verteilter Betriebsmittel** → u.a. :
  - "*Workstation-Server-Konzept*" (file server, print server, ...)
  - "*Processor-Pool-Konzept*" (u.a. Lastausgleich – „Load Balancing“, ...)
  - *verteilte Betriebssysteme*



# Historie und Trends bei Parallelverarbeitung sowie bei vernetzten und verteilten Systemen

## Telekommunikation :

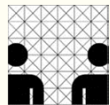
- Schöpfer des Begriffs: *E. Estaunie* (Paris, 1904)  
→ Telegraphie vereinigt mit Telefonie
- später verallgemeinert:  
→ Kommunikation (insbes. Sprach- und Bewegtbildübertragung) über größere Entfernungen

Trend: Telekommunikation und Informatik nähern sich immer mehr an → daher oft auch: Kunstwort **"TELEMATIK"**

## Rechnernetz :

Menge von "*Knoten*" (auch "Rechnernetzknoten"), die durch ein (technisches) Kommunikationssystem zum Zwecke der *Kommunikation und Kooperation* verbunden sind.

Beispiele für Knoten: PC, Workstation, Großrechner, Multiprozessor-system, Notebook, Mobilstation, Handy, PDA, Tablet...



# Definition von „Kommunikationssystem“

## *(Technisches) Kommunikationssystem :*

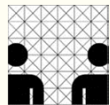
System, das die Datenübertragung zwischen Hard- und Softwarekomponenten eines oder mehrerer Rechensysteme realisiert.

*Hardwarekomponenten* (auch HW-Betriebsmittel) eines Rechensystems, vgl. u.a. Vorl. „Rechnerstrukturen“ od. GSS-Kap. A1 :

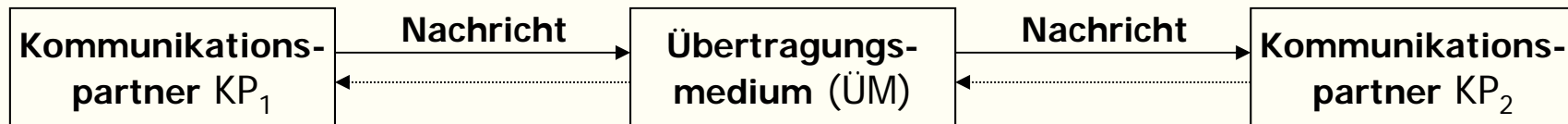
- Prozessoren (Zentral~, Ein-/Ausgabe~)
- Speicher (Puffer~, Haupt~)
- Peripheriegeräte
- Verbindungseinrichtungen (Busse, Kanäle, Verbindungsnetzwerke)

## *Softwarekomponenten :*

- Betriebssoftware → vgl. Betriebssystem, Systemsoftware
- Anwendungssoftware



# Grobmodell für Kommunikationssysteme

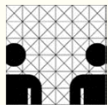


- **Nachricht** (lt. DIN):

Zeichen oder kontinuierliche Funktionen, die zum Zwecke der *Weitergabe* Information (= Kenntnis über Sachverhalte und Vorgänge) auf Grund bekannter oder unterstellter Abmachungen darstellen.

→ 3 Aspekte einer Nachricht:

- **syntaktischer Aspekt** (Nachrichtensyntax)
- **semantischer Aspekt** (Nachrichtenbedeutung/-semantik)
- **pragmatischer Aspekt** (Wert, Nutzen der Nachricht für Empfänger)



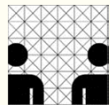
# Komponenten von Kommunikationssystemen

- **Kommunikationspartner** (KPs) :  
Teilnehmer am Kommunikationsvorgang, die
  - Nachrichten senden und/oder empfangen,
  - Nachrichten(inhalte) interpretieren,
  - auf Nachrichten reagieren,
  - unter Berücksichtigung gemeinsamer Regeln (→ **Protokolle**) kommunizieren.

Bsp. für KPs: Menschen, Automaten/Maschinen, Prozesse in Rechensystemen, ...

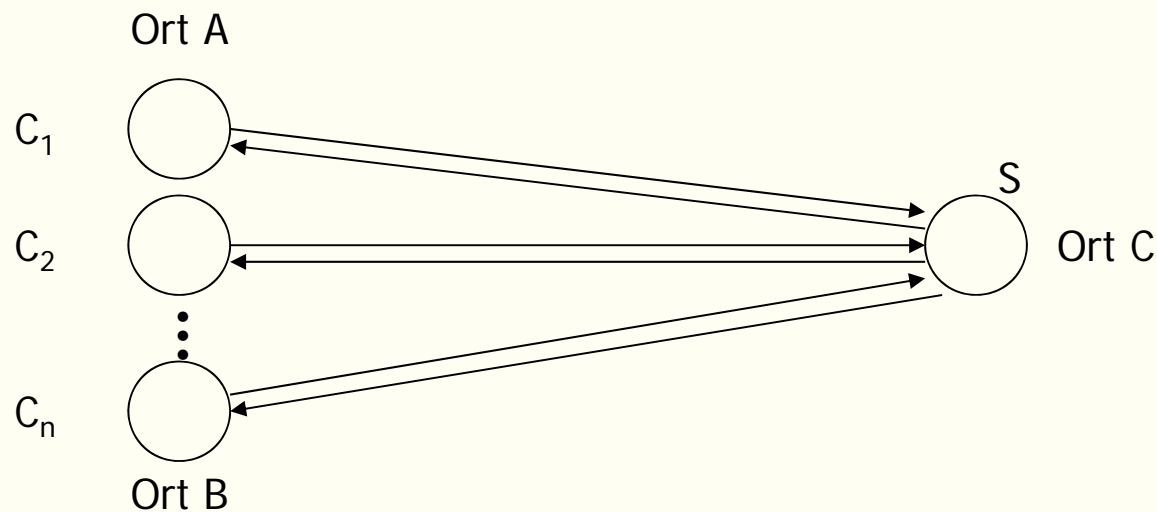
- **Übertragungsmedium** (ÜM) :  
derjenige Teil (häufig passiv) eines Kommunikationssystems, der von KPs benutzt wird, um Nachrichten auszutauschen.

Bsp. für ÜM: Luft, Glasfaser, Satellitenverbindung, rechnerinterner Systembus, ...



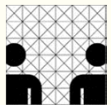
# "Client-/Server"- versus "Peer-to-Peer"-Networking

## ➤ *Client-/Server-Networking*



### Prinzip:

Anforderungen einer Leistung (sog. Dienstleistung) seitens eines Clients  $C_i$  bei einem Server  $S$ . In der Regel Antwort des Servers (Dienstleister) an den Client (Dienst(nut)zer).



## "Client-/Server" - Networking : Fortsetzung

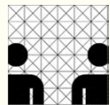
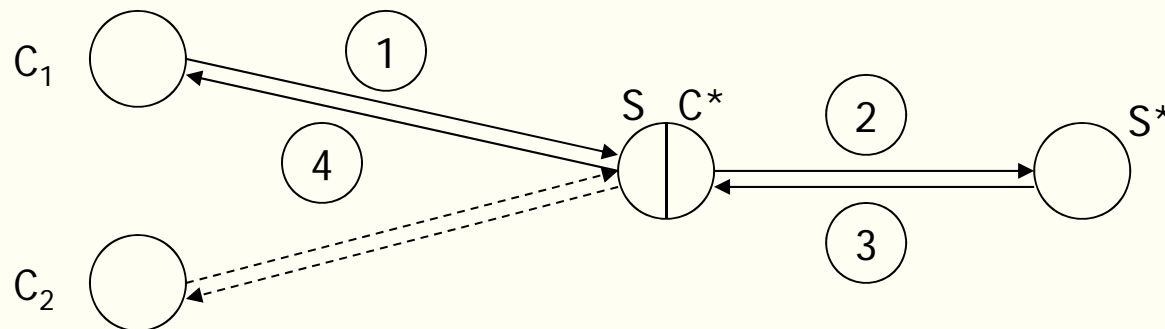
Beispiele für Dienste eines Servers:

- Erledigung von Druckaufträgen → *Print Server*
- Zugriff auf Dateien → *File Server*
- Bereitstellung von Adressinformation → *Name Server*
- Bereitstellung von WWW-Seiten → *Web Server* etc.

nota bene:

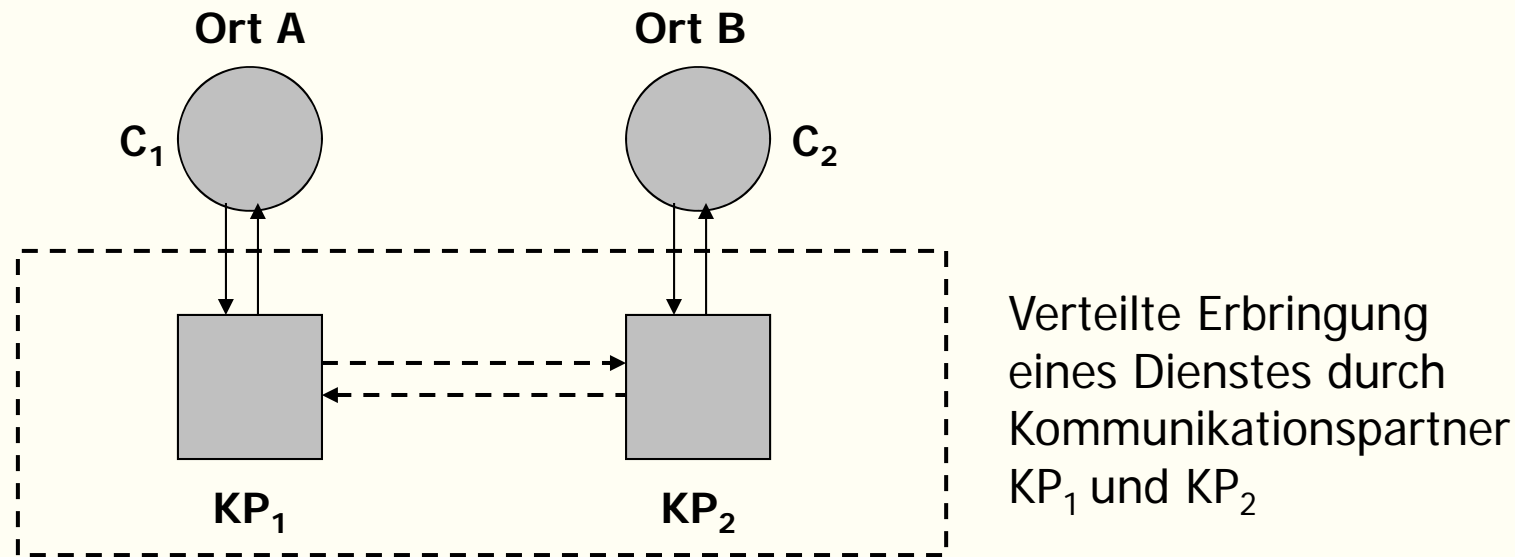
- Client-/Server-Kommunikationsbeziehung ist asymmetrisch
- Server S seinerseits evtl. in Client-Rolle bei weiterem Server  $S^*$  → *Client-/Server-Hierarchie* möglich
- Die Clients und der Server stellen in der Regel verschiedene autonome Rechner dar.

Beispiele für *2-stufige Client-/Server-Hierarchie*:





# Peer-to-Peer-Networking

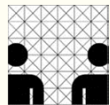


$C_1$ : Dienstbenutzer an Ort A

$C_2$ : Dienstbenutzer an Ort B

**Prinzip:** Anforderung einer Leistung (sog. "Dienstleistung") seitens eines Benutzers an Ort A oder B. Erbringung des geforderten Dienstes durch Kommunikation und Kooperation der geographisch verteilten Kommunikationspartner  $KP_1$  und  $KP_2$ .

$C_1$  und  $KP_1$  (bzw.  $C_2$  und  $KP_2$ ) sind in der Regel Prozesse oder Hardwarekomponenten in einem einzigen Rechensystem.

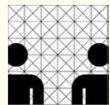


## Beispiele für verteilte Dienstleistung nach dem "Peer-to-Peer"-Prinzip:

- gesicherte Datenübertragung zwischen zwei direkt miteinander verbundenen Rechnern
- Austausch von Nachrichten über ein öffentliches Vermittlungsnetz (der Telekom, propr. Netze, von ISPs, ...) etc.

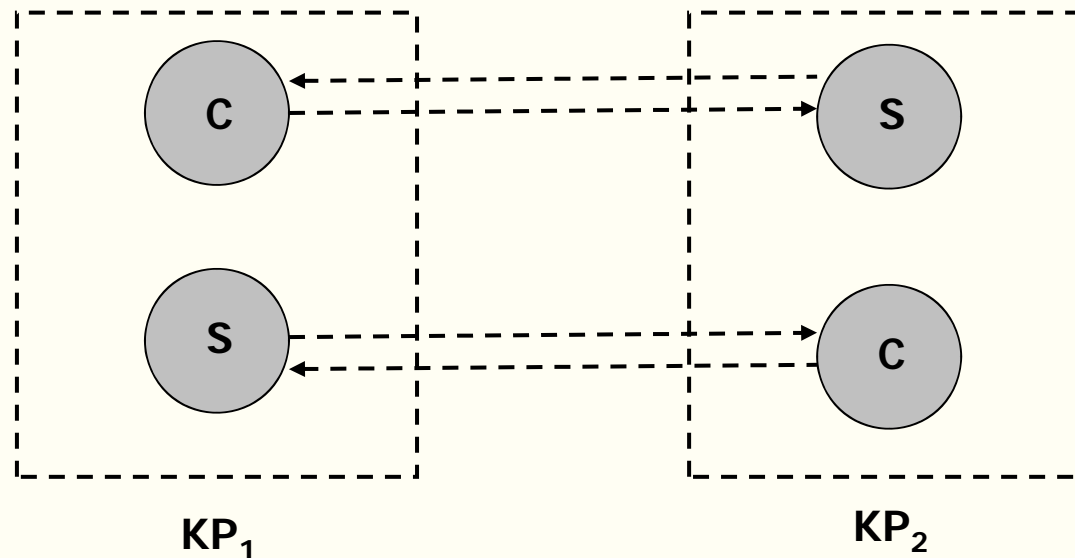
### *Nota bene:*

- Peer-to-Peer-Kommunikationsbeziehung ist weitestgehend symmetrisch.
- $KP_1$  und  $KP_2$  halten sich an feste Regeln bei ihrer Kommunikation (→ vgl. **Kommunikationsprotokoll**).
- Die gleichartigen Kommunikationspartner  $KP_1$  und  $KP_2$  werden auch als „Peers“ bezeichnet. „Peers“ sind gleichartig, da sie sich an dieselben Protokollregeln halten (**symmetrisches Protokoll**).
- Manche Autoren benutzen den „Peer-to-Peer“-Begriff ausschließlich auf Anwendungsebene → „Peer-to-Peer“-Anwendungen.

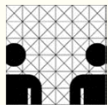


## “Peer-to-Peer” - Kommunikation: Alternative Sicht

Leicht abweichende Benutzung des Begriffs der „*Peer-to-Peer*“-*Kommunikation* für Kommunikationspartner, die gleichzeitig Client (C)- und Server (S)-Funktionalität besitzen.



**Nota bene:** Auch bei dieser Begriffsdefinition sind die Kommunikationspartner gleichartig  
(→ beide können Client- *und* Server-Rolle übernehmen ! )



## Zur Bedeutung des Internet:

Zitat aus VuW (Verwaltung und Wissenschaft)-aktuell-Newsletter,  
Verlag Dashöfer, 28. März 2008

Aktuelles

**Das Internet ...**

**Es zählt für ein Medienunternehmen vor allem eines:**

**Erstens das Internet,  
zweitens das Internet  
und drittens noch das Internet.**

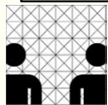
*Thomas Middelhoff (\* 1953), deutscher (Ex-) Manager*

Around 40% of the world population has an internet connection today. In 1995, it was less than 1%. The number of internet users has increased tenfold from 1999 to 2013.

The **first billion** was reached in 2005. The **second billion** in 2010. The **third billion** will be reached by the end of 2014 (Dec 2014: ca. 3,6 bill.)

The chart and table below show the number of global internet users per year since 1993:

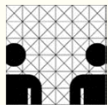
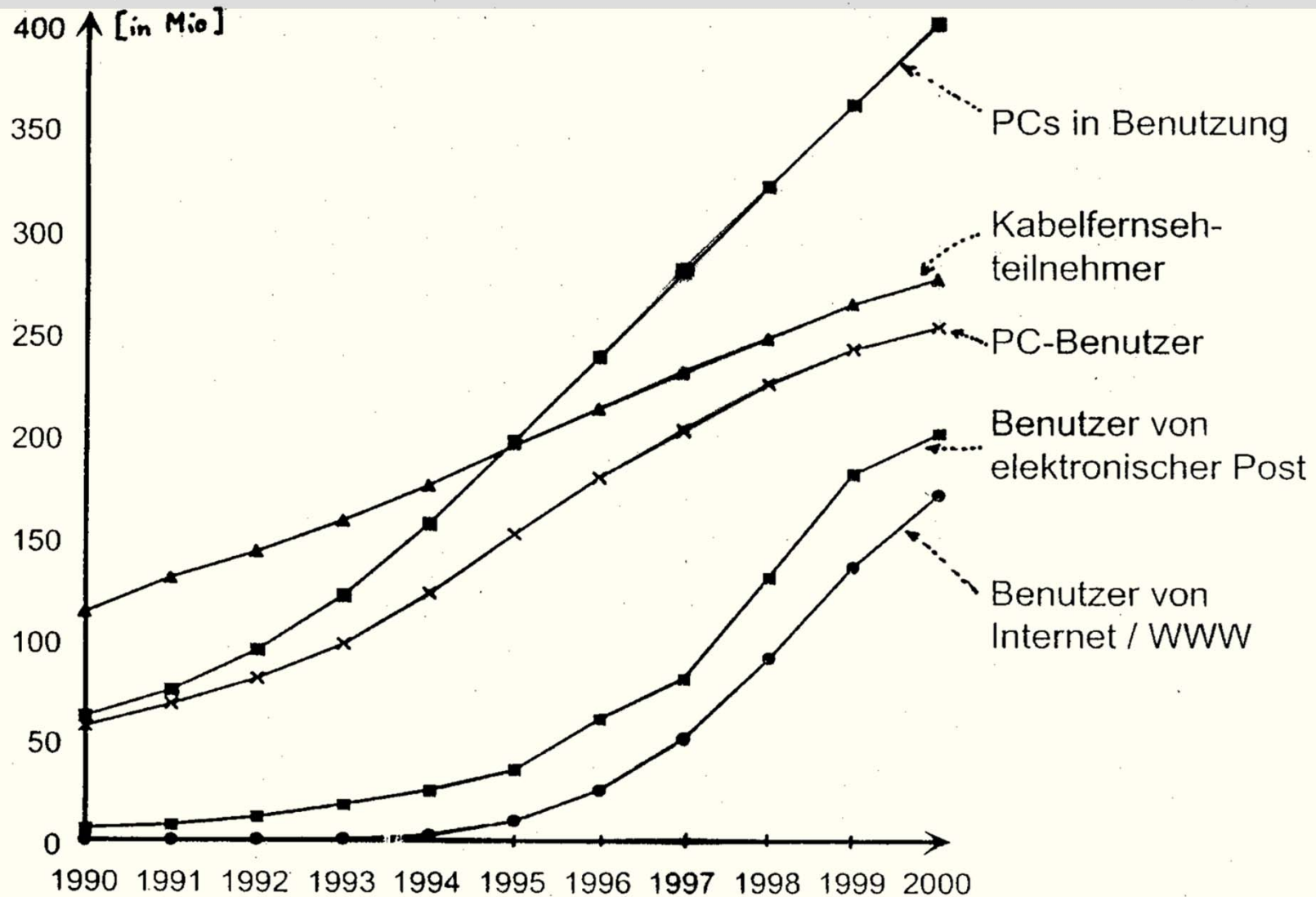
© Copyright internetlivestats.com



# ITU: The World in 2014: ICT Facts and Figures

Year (July 1)	Internet Users	Users Growth	World Population	Population Growth	Penetration (% of Pop. with Internet)
2014	2,925,249,355	7.9%	7,243,784,121	1.14%	40.4%
2013	2,712,239,573	8.0%	7,162,119,430	1.16%	37.9%
2012	2,511,615,523	10.5%	7,080,072,420	1.17%	35.5%
2011	2,272,463,038	11.7%	6,997,998,760	1.18%	32.5%
2010	2,034,259,368	16.1%	6,916,183,480	1.19%	29.4%
2009	1,752,333,178	12.2%	6,834,721,930	1.20%	25.6%
2008	1,562,067,594	13.8%	6,753,649,230	1.21%	23.1%
2007	1,373,040,542	18.6%	6,673,105,940	1.21%	20.6%
2006	1,157,500,065	12.4%	6,593,227,980	1.21%	17.6%
2005	1,029,717,906	13.1%	6,514,094,610	1.22%	15.8%
2004	910,060,180	16.9%	6,435,705,600	1.22%	14.1%
2003	778,555,680	17.5%	6,357,991,750	1.23%	12.2%
2002	662,663,600	32.4%	6,280,853,820	1.24%	10.6%
2001	500,609,240	21.1%	6,204,147,030	1.25%	8.1%
2000	413,425,190	47.2%	6,127,700,430	1.26%	6.7%
1999	280,866,670	49.4%	6,051,478,010	1.27%	4.6%
1998	188,023,930	55.7%	5,975,303,660	1.30%	3.1%
1997	120,758,310	56.0%	5,898,688,340	1.33%	2.0%
1996	77,433,860	72.7%	5,821,016,750	1.38%	1.3%
1995	44,838,900	76.2%	5,741,822,410	1.43%	0.8%

## Zum Wachstum im PC-, TV- und Internet-Bereich (weltweit)



## "Looking Ahead"

CRN (06/17/02) No. 1000, P. 95; *Cerf, Vinton*

*Vinton Cerf*, writing for CRN magazine, *predicts* that the number of Internet-enabled devices will swell dramatically between 2006 and 2010, and notes as examples initiatives in the Netherlands and Japan to develop Internet-enabled cars that use the Internet to connect and interconnect instruments and devices. In this scenario, sensors will supply data about devices' operations to cars, and also transmit geo-positioning information to devices to make devices aware of their physical positions, an innovation that could lead to new types of services. The Interplanetary Network is another innovative, ongoing project at the Jet Propulsion Laboratory that is intended to extend the Internet into the solar system, in part by designing and standardizing an architecture for deep-space communication. Protocols are being developed to support interactions between assets in deep space and Earth-based Internet sources.

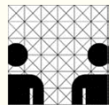
Approaching 2010, Cerf predicts that there will be some 2.2 billion Internet users and between 5 billion to 20 billion connected devices, which means that this huge system will demand IPv6 in order to manage an Internet between three and 15 times as large as today's telephone system. Voice and perhaps gesture will be used to interact with technology, and most devices will be controllable through remote servers.

<http://crn.channelsupersearch.com/news/crn/35832.asp>

# Aktuell(er)e Internetnutzung

## Zwölf Nullen - und noch viel mehr

- Denn die richtig großen Zahlen ... findet man da, wo es um E-Mail geht: Sagenhafte 107 Billionen E-Mails wurden demnach Schätzungen zufolge 2010 weltweit verschickt. ... Daraus ergibt sich eine imposante Zahl mit zwölf Nullen: 107.000.000.000.000.
- Oder: Alle - oder zumindest ziemlich viele - wollen Lady Gaga. Mit 7,7 Millionen Followern war der Popstar 2010 die beliebteste Persönlichkeit bei Twitter. Und das will was heißen, denn Twitter selbst zählte bis September 2010 immerhin 175 Millionen Mitglieder, 100 Millionen davon Neuzugänge, die über das Jahr verteilt 25 Milliarden Tweets, so nennt man die Kurzmitteilungen bei Twitter, verschickten.
- Im Juni 2010 zählte die Netzbevölkerung 1,97 Milliarden Menschen
- Nicht jeder der online ist, hat auch einen E-Mail-Account: Nur 1,88 Milliarden Onliner sind elektronisch erreichbar
- Die Übrigen haben oft mehrere Mail-Accounts, insgesamt nämlich 2,9 Milliarden
- Nur ein Viertel aller Mail-Accounts wird beruflich genutzt
- Pro Tag wurden zwei Milliarden YouTube-Videos angeschaut (also schaute im Durchschnitt jeder Netznutzer eines pro Tag)
- Die meisten Netznutzer leben in Asien: 825,1 Millionen (2014: Asien 1,4 Mrd.)
- Fast jeder Dritte Internet-Anwender ist bei Facebook registriert: 600 Millionen
- Der Bilderdienst flickr verwaltete bis September 2010 rund fünf Milliarden Fotos
- Auf Facebook wurden 2010 - hochgerechnet - 36 Milliarden Bilder hochgeladen
- Auch wenn es manchmal anders erscheint: 70 Prozent der Facebook-User leben außerhalb der USA (USA 2014: ca. 300 Mio)

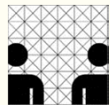


[SPIEGEL ONLINE 2011, erg 2015]



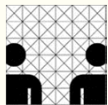
## Zur Relevanz des Telekommunikations-(TK-) Bereichs

- Wirtschaftliche Bedeutung
  - jährliche Zunahme (Umsatz bei Telekommunikation) :  $\approx 7\%$ , d.h. Umsatzverdoppelung in ca. 10 Jahren [→ stärkster Wachstumsmarkt von Industrienationen!]
  - bereits gegenwärtig (Anfang 21. Jh.): Bedeutung der Telekommunikation für Volkswirtschaft in D ähnlich wie die der Automobilindustrie, in wenigen Jahren evtl. deutlich höher
  - Beispiel NOKIA (Finnland, bis ca. 2013) :  
Umsatz Nokia (bereits 1999)  $\approx 1/3$  des finnischen Exports;  
erwarteter Gewinn bei NOKIA in wenigen Jahren  $\approx$  Höhe des gesamten finnischen Etats
  - große kommerzielle Bedeutung des Internet, z.B. E(lectronic)-Commerce



## Zur Relevanz des Telekommunikations-(TK-) Bereichs (Forts.)

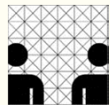
- Neue Übertragungsmedien/-systeme
  - „Siegeszug“ der Glasfaser seit Anfang 80er Jahre
    - nahezu fehlerfreie Datenübertragung
    - Datenrate bis in Bereich Tbit/s ( $T \equiv \text{Tera} = 10^{12}$ )
  - rein optische Vermittlung in Vermittlungsnetzen in spe
  - Satellitenkommunikation (geostationär bzw. LEOs)
  - Mobilfunk und drahtlose DÜ (Handy-Telefonie inzwischen weit bedeutender als Telefonie über Festnetze)
  - Trend: Hochgeschwindigkeitsnetze mit Datenraten im Bereich Gbit/s bis zu Tbit/s, z.B. opt. DÜ basierend, siehe auch :  
*B-WiN*, *G-WiN* des DFN-Vereins (**D**eutsches **F**orschungs**n**etz)  
...und inzwischen: *X-WiN* (seit ca. Anfang 2006, im Kernbereich bis zu 1 Tbit/sec.).



## "Blazing a New Data Speed Record"

CNet (11/30/04); Kanellos, Michael

A team of researchers from the California Institute of Technology, CERN, Fermilab, England's University of Manchester, and elsewhere won this year's *Supercomputing Bandwidth Challenge* by successfully achieving a sustained data transfer rate of **101 Gbps -- equivalent to transmitting the full contents of the Library of Congress in a quarter of an hour -- between Pittsburgh and Los Angeles.** Caltech physics professor and team leader Harvey Newman wrote in an email that significantly higher throughputs are possible, and capable of being sustained for hours in subsequent tests, rather than minutes. The experiment's main objective is to develop technology that will allow globally distributed physicists to collaborate on massive, data-intensive projects using far-flung computers, while the fields of bioinformatics, astronomy, global-climate modeling, and geosciences also stand to benefit. The latest speed record outpaces the same group's throughput of 23.2 Gbps, which won last year's Bandwidth Challenge, as well as the sum of all the other marks in the previous two years. Caltech professor Steven Low's *Fast TCP protocol*, which offers better congestion prevention than standard TCP, is partly responsible for the higher throughput. Also contributing to the speed record was a fortified *hardware infrastructure that included several 10 GB connections, four dedicated wavelengths of the all-optical National LambdaRail academic network, Web services software, and other diverse technologies.* Newman said the experiment shows that "There are...profound implications for how we could integrate information sharing and on-demand audiovisual collaboration in our daily lives, with a scale and quality previously unimaginable."



## Zur Relevanz lokaler Rechnernetze (LANs $\equiv$ local area networks)

- 90er Jahre: Jahrzehnt der Netze / der Vernetzung
- zur Zeit: Rechner in Unternehmen nahezu immer vernetzt  
→ Unternehmensnetze (Corporate Networks)
- **Intranets**: Internet-Technologie im LAN (gleiche Regeln für Kommunikation)
- zunehmend schnelle Kommunikation (Fast Ethernet, Gbit-Ethernet, 10/100 Gbit-Ethernet, ...), auch drahtlos (vgl. hohe WLAN-Geschwindigkeitszuwächse bis in den Bereich von  $> 100$  Mbps / n Gbps)

