

Verstrickungen bei der Entwicklung des Internet

Paul Ferd. Siegart
Universität Lüneburg

1

Fragen

- Wie hat sich das Internet strukturell entwickelt?
- Warum hat es sich in dieser Form entwickelt?
- Was bedeuten die Strukturen?

2

Gliederung

I. gedachte Strukturen

Als was wurde das Internet geplant?

II. gemachte Strukturen

Wie ist das Internet strukturell gewachsen?

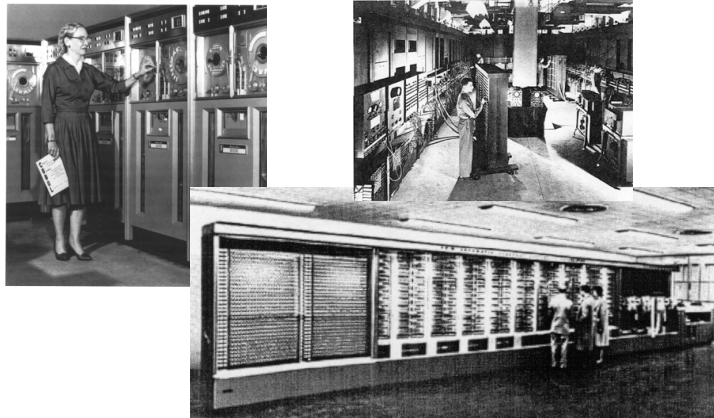
3

I. gedachte Strukturen

- Vorgeschichte
- Entwurf 1: Paul Barran
- Entwurf 2: Donald W. Davies
- Entwurf 3: Lawrence Roberts

4

Vorgeschichte



5

Vorgeschichte

Ende der 50er Jahre:

- Hard- und Softwareentwicklung fallen zusammen
- Computer sind teure Einzelstücke
- Software und Daten sind nicht übertragbar

6

Der User wird erfunden: first Link

typischer Programmierzklus

Lösung 1: batch-Processing

Programm auf Papier schreiben
Programm auf Lochkarten
Abgabe der Lochkarten an der
Überspielen der Lochkarten auf
Abarbeiten durch den Rechner
Ausdruck oder Lochkarten mit dem Ergebnis
Abholen des Ergebnisses

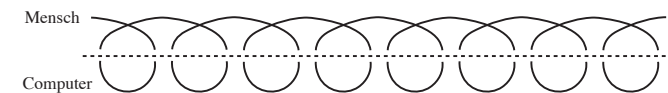
Lösung 2: Rechenzentrum

Zeit am Rechner mieten

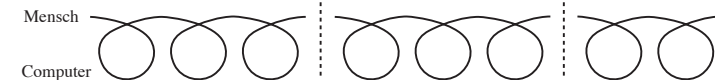
7

one Link

Stapelverarbeitung



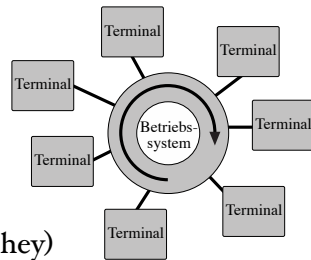
Rechenzentrum



Beide Verfahren waren unbefriedigend

8

time-sharing



speed-mismatch (Strachey)

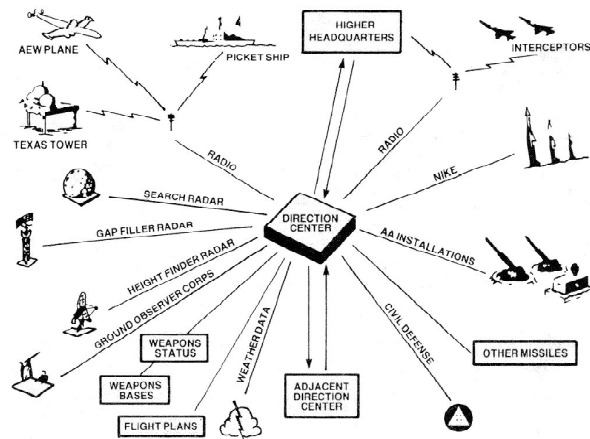
vs.

interactive computing (McCarthy)

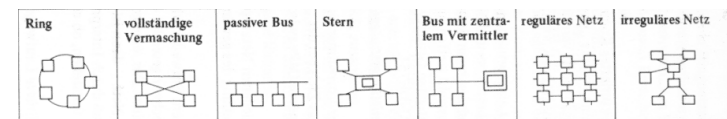
time-sharing Phantasien

- nationale Infrastruktur durch regionale Zentren
- Dezentralisierung von Arbeit und Kommunikation
- Verteilung von Kapazitäten, Kosten und Informationen
- neue Formen der Mensch-Maschine Interaktion
- Beseitigung von Slums und Gleichstellung der Geschlechter

SAGE



Ein Netz der time-sharing Systeme



Wie soll man time-sharing Systeme miteinander vernetzen?

Netzkonzepte

- Paul Baran, RAND
- Donald Daviels, NPL
- Lawrence Roberts, ARPA

Paul Baran, RAND

1957: Sputnik-Schock und science-gap

Dr. Strangelove und
“survivable communications”

RAND “think tank” der Air Force

distributed communications

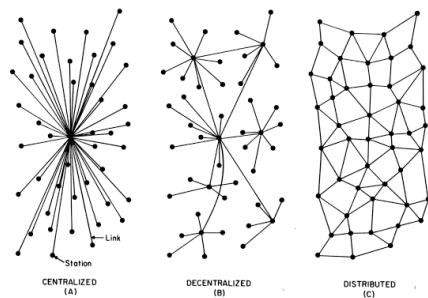


FIG. 1 - Centralized, Decentralized and Distributed Networks

survivability:

Die Prozentzahl
der Knoten, die
mit dem größten
Teilnetz
verbunden sind.

distributed communications

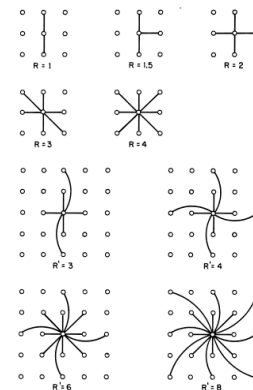


FIG. 2 - Definition of Redundancy Level

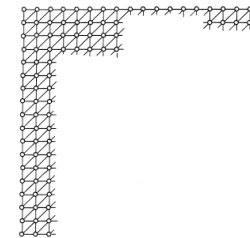


FIG. 3 - An Array of Stations

Redundanzlevel (R):
Maß für die Verknüpfung

distributed communications

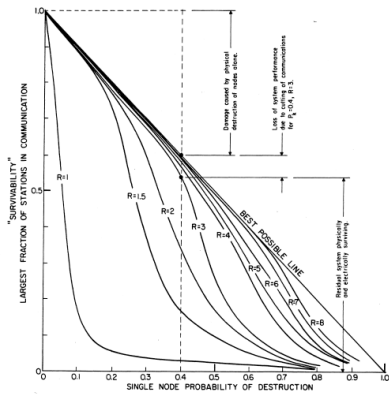


FIG. 4 - Perfect Switching in a Distributed Network - Sensitivity to Node Destruction, 100% of Links Operative.

Node Destruction
 Survivability kann mit relativ geringer Verknüpfung erreicht werden (reguläre Netze)

distributed communications

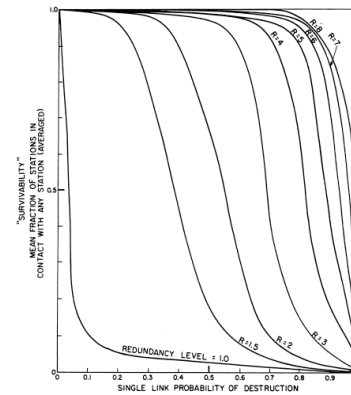


FIG. 5 - Perfect Switching in a Distributed Network - Sensitivity to Link Destruction, 100% of Nodes Operative.

Link Destruction

distributed communications

voll digitales Netz

- Mix aus unterschiedlichen Kommunikationssystemen
- billige Bauelemente

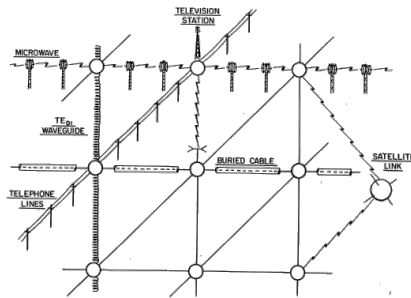


FIG. 9 - All Digital Network Composed of Mixture of Links

distributed communications

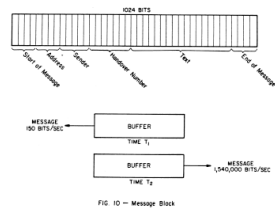
message switching (store and forward)

- Übertragung bei unterschiedlichen Datenraten und Bandbreiten
- Baran: "Survivability is a function of switching flexibility."
- Knoten handeln unabhängig ohne zentrale Instanz!
Aufgabe von Command&Control

distributed communications

packet switching

- feste Blockgrößen, Interface Computer nötig
- simple Design, billige Rechner
- optimale Netzauslastung bei mehreren Teilnehmern und längeren Nachrichten



distributed communications

Zumutungen für den "Stand der Technik"

- digital
- message switching
- packet switching
- vermehren statt verbessern

Routing

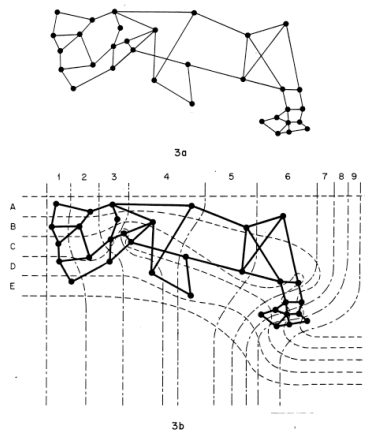


Fig. 3--A Set of Nodes Using "Real-World" Geometry

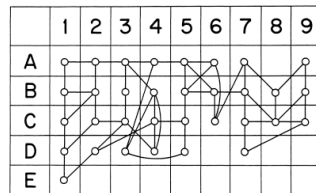
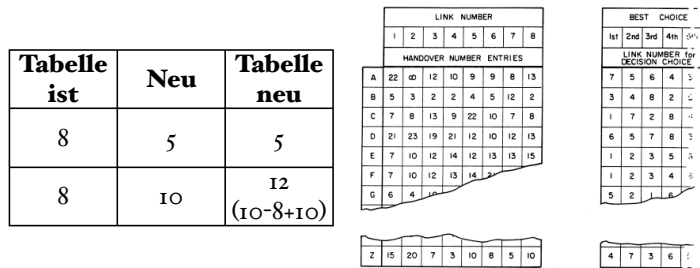


Fig. 4--The Same Set of Nodes Distorted to Fit a Rectangular Grid

Routing

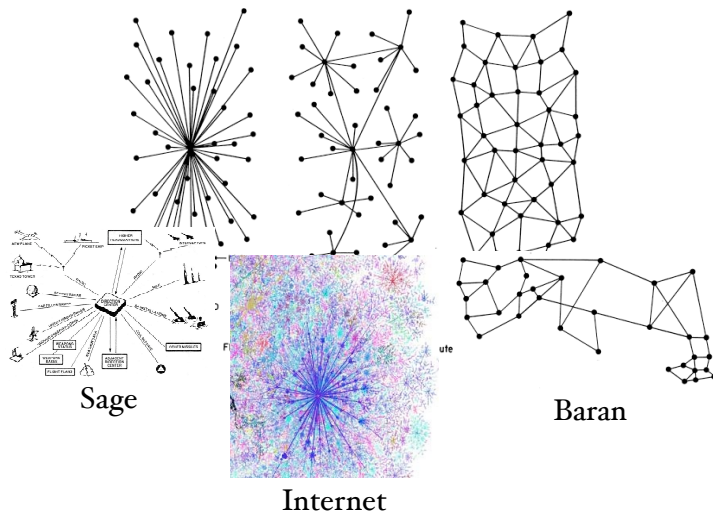
- Hot-Potato-Routing
- Routing anhand laufender Performancemessungen

Routing



distributed communications

- verteilt und redundant
statt hierarchisch oder zentralistisch
(Knoten entfernt von Ballungszentren)
- Prioritäten System
Communication Controller als gadget, mit dem der Netzverkehr gedrosselt werden kann
- Kryptoografie
verschlüsselte Verbindungen und Prüfung der Integrität von Daten



Donald W. Davies, NPL

- ökonomische Krise und technology gap
- Labour 1964: neue Wirtschafts- und Technologiepolitik
- statt survivability - interactive computing

Donald W. Davies, NPL

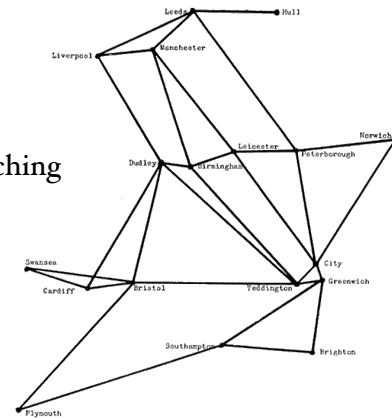
packet switching / store and forward / digital

- Ressourcen effizient nutzen
- unter Alltagsbedingungen (nicht Atomschlag)
- Kommunikationskosten zu senken
- und interactive computing bereitstellen zu können

29

Donald W. Davies, NPL

1965
National Packet Switching
Network



30

Donald W. Davies, NPL

“It is very important not to find ourselves forced to buy computers and software from these systems [Collins Radio Inc.] from USA. We could, by starting early enough, develop export markets.”



D. Davies, 1965

31

Lawrence Roberts, ARPA

ARPA / IPTO

program manager: Lawrence Roberts

ARPANET project plan,
ein Netz aus time-sharing Systemen

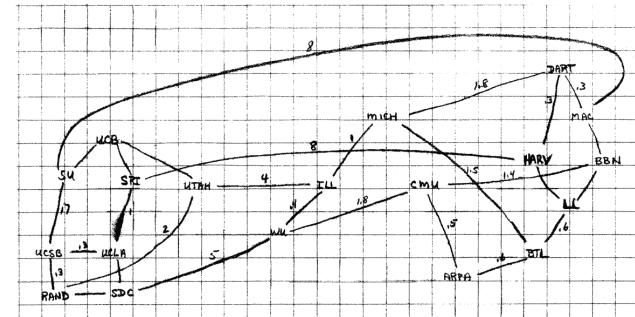
32

ARPA

- Forscher zusammenbringen
- Geld sparen
- Fortschritte in der Computertechnik fördern
 - > packet switching
 - > interactive computing

33

Strukturbildung



von Roberts geplantes Netz
fast alle Knoten haben drei Links ($R \approx 1,5$)

34

ARPANET project plan

message protokoll

35

Drei Modelle

- Baran: Das ausfallsichere Netz (Kalter Krieg, Survivability)
- Davies: Das kommerzielle Netz (Interactive Computing, Wirtschaftskrise)
- Roberts: Das Netz der Community (viel Geld und wenig Anweisungen)

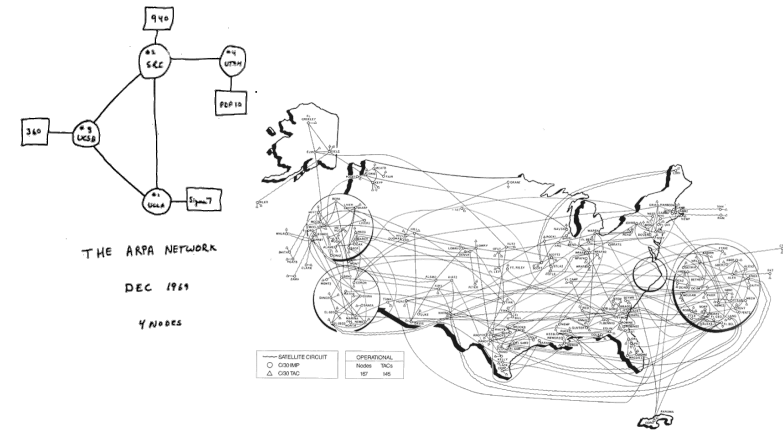
36

Drei Modelle

Alle drei entwickelten ein verteiltes Netz.

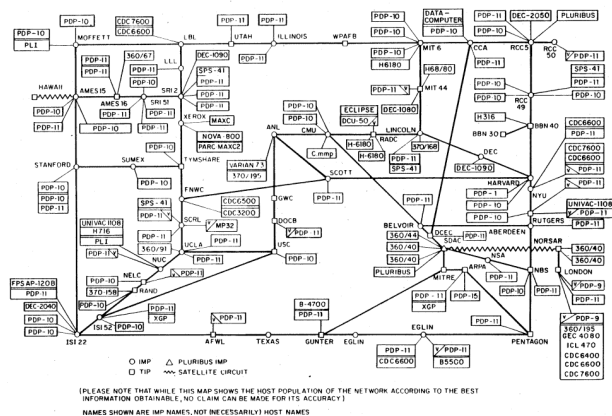
- Es gab keine Zentralgewalt die Sternknoten hätte durchsetzen können
- Roberts Modell war auf soziale Kooperation angelegt
- Die technische Struktur (Routing) bedeutete die Aufgabe des Command&Control Paradigmas

II. gemachte Strukturen

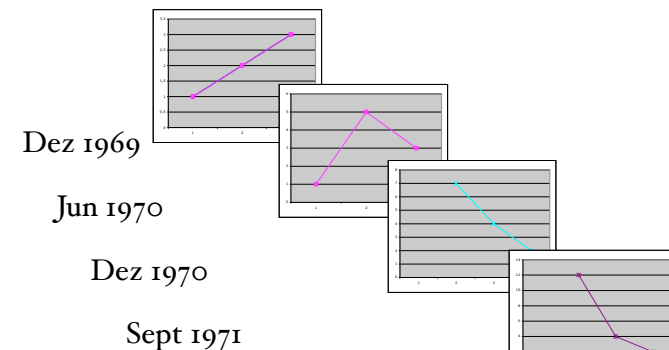


ARPANET

ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



ARPANET

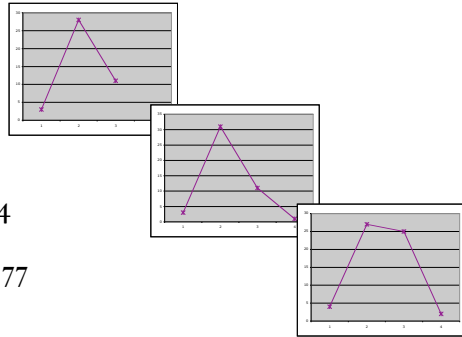


ARPANET

Sep 1973

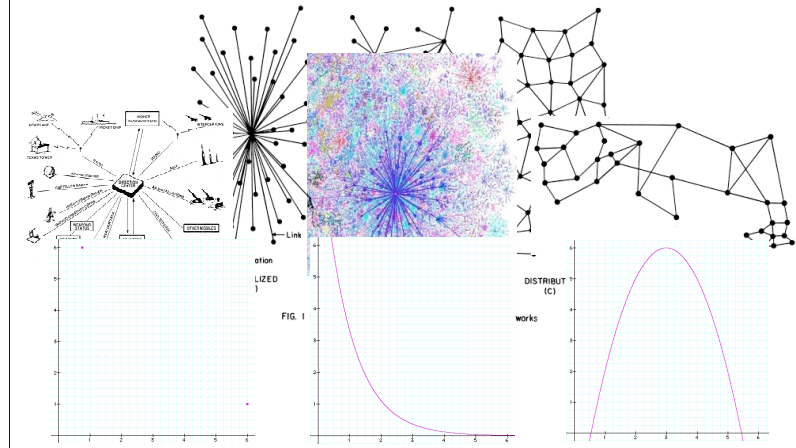
Jun 1974

Mär 77



41

Strukturen



42

Internet

- Mit dem ARPANET entwickelten sich noch andere Netze
- Ein Netz der Netze schien von Vorteil zu sein
- 1973 erste Vorschläge für TCP/IP von Vinton Cerf

43

Mythen des Internet

44

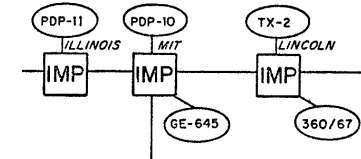
Mythos 1:
“Alle waren begeistert vom Plan ein großes Forschungsnetz zu schaffen”

- Der Versuch der ARPA Geld für Computerinvestitionen an den Einrichtungen zu sparen war durchschaubar.
- Viele Institutionen waren gar nicht begeistert davon das fremde Leute auf ihren Rechnern waren.
- Einige Institutionen wollten Geld für die Nutzung ihrer Ressourcen.

45

Mythos 2:
“Als es das ARPANET gab, wurden intensiv Daten über das Netz ausgetauscht ”

Stimmt,



aber das ARPANET wurde nicht als Verbindung zwischen den time-sharing Systemen, sondern als LANKnoten und Kommunikationssystem (E-Mail) genutzt. Die Ressource Sharing Idee verlor ihre Begründung durch die Verbreitung kleiner billiger Rechner.

46

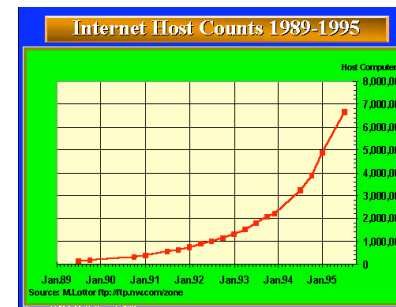
Mythos 3:
“Das ARPANET sollte dem Militär als Netzwerk für den Atomernstfall dienen.”

Nein, es sollte

- die Kooperation unter den Forschern fördern
- neue Wege in der Computertechnik eröffnen
- der Forschungsförderung Geld sparen
- milit. relevante Designelemente (Baran) wurden nicht übernommen

47

Wachstum des Internet



Juli 2004: ca. 300 Mio. Hosts
aktuelle Zahlen: <http://www.isc.org/index.pl?/ops/ds/>

48

Wachstum des Internet

Das Internet wandelte sich vom Forschungsnetz und -gegenstand zu einem Kommunikationsmedium

- Aufkommen der lokal kontrollierten PCs in den 70er und 80er Jahren
- Bedarf an LANs, viele kleine Netze bilden sich und erreichen breitere Bevölkerungsschichten
- die können sich leichter an das ARPANET anschließen nachdem es sich vom MILNET abgespalten hat
- Niemand hat die Zentralgewalt über das Internet oder kontrollierte dessen explosives Wachstum

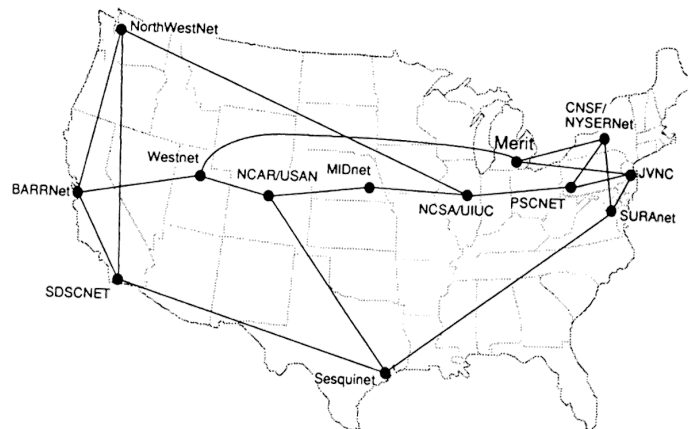
49

NSFnet

- Die National Science Foundation (NSF) baut in den 80er Jahre ein Hochgeschwindigkeitsnetz zwischen den US-amerikanischen Supercomputern auf.
- ARPA und NSF koordinieren schließlich ihre Aktivitäten. Das NSFnet wird zum backbone des ARPANETS
- Im Dezember 1987 kann das alte ARPANET (57 kbit/s) abgeschaltet werden.

50

NSFnet



51

NSFnet

- Da die NSF die kommerzielle Nutzung ihres Netzen untersagte, schossen sich mehrere Service-Provider zusammen um ihren eigenen backbone zu betreiben.
- Ende April 1995 wird das alte NSFnet abgeschaltet und von kommerziellen Betreibern ersetzt. Die US-Administration ist damit nicht mehr im Besitz der Infrastruktur.

52

Koordination

Aus den informellen Gruppen bildeten sich die Organisationen, die heute versuchen das Internet zusammenzuhalten

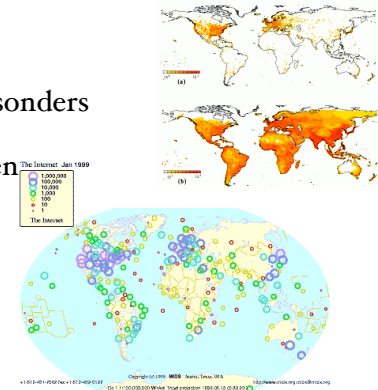
- IEFT (Internet Engineering Task Force) zuständig für die Protokolle
- ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)

53

Das Internet folgt den sozialen Netzen?

Das Internet wächst besonders

- in den Ballungsgebieten
- der Industrienationen



54

Strukturentwicklung

Das Internet begann als verteiltes (stochastisches) Netz, bevor sich an bestimmten Knoten Kondensationsphänomene bildeten und das Netze ein dezentrales (skalenfreies) wurde.

Als sich das Paradigma des Kommunikationsnetzes durchsetzte, folgte das Netz sozialen (skalenfreien) Strukturmustern.

55