

Universität Bielefeld

8. August 2001

Fakultät für Technische Informatik

Sommersemester 2001

Veranstaltung: Gedankengeschichte der Informatik

Veranstalter: Prof. Ipke Wachsmuth und Timo Sowa

Die Geschichte des Internet

Vom ARPAnet bis zum Internetboom

vorgelegt von:

Matthias Kampmann

Bahnhofstraße 5

33602 Bielefeld

Tel.: 0521/320239

@mail: matthias.kampmann@uni-bielefeld.de

Studiengang: Magister Geschichte/Technische Informatik

1. Einleitung	3
2. ARPAnet	
2.1. Die Vorgeschichte des ARPAnet	5
2.2. Inbetriebnahme und Technik des ARPAnet	6
2.3. Die Invention der Email	7
2.4. Fazit	8
3. TCP/IP	9
4. Invention von HTML und des World Wide Webs	11
5. Andere Netze und Internet-Dienste	
5.1. Andere Netze	13
5.2. Usenet	14
5.3. Minitel	16
5.4. Fazit	16
6. Ab 1995: Gelungene Kommerzialisierung des Internets?	
6.1 Die Kommerzialisierung	16
6.2. Die bisher verfehlte Internetkommerzialisierung	18
6.3. Strukturelle Ursachen für die bisher verfehlte Kommerzialisierung	19
7. Fazit	19
8. Literaturverzeichnis	20

1. Einleitung

Diese Hausarbeit stellt einen Versuch dar, die „Gedankengeschichte der Informatik“ mit der Methodik der Technikgeschichte [Walter, 1994] als Teil der Bielefelder Sozialgeschichte miteinander zu verbinden. Sozialgeschichte befaßt sich hauptsächlich mit Entwicklungsprozessen, Strukturen und gesellschaftlichen Schichten im 19./20. Jahrhundert.

Dabei widme ich mich drei erkenntnisleitenden Fragen: Erstens, wie kamen die Basisinventionen des Internet zustande? Als Invention wird eine technische Erfindung bzw. für die Informatik ein Grundgedanke für etwas Neues verstanden. In dieser Hausarbeit beschränke ich mich dabei auf einige der wichtigsten Basisinventionen des Internet und will aufzeigen, was bei der jeweiligen Basisinvention der eigentlich wesentliche technische Fortschritt war. Dabei erkläre ich das entscheidend Neue an der jeweiligen Technik.

Die zweite erkenntnisleitende Frage ist, wie kam der Durchbruch des Internets als Massenmedium zustande? Dieser wird in der Technikgeschichte als Innovation bezeichnet und meint die Einführung und Durchsetzung von etwas Neuem, der Invention. Dabei untersuche ich auch, wie sich die verschiedenen hier angesprochenen Basisinventionen selbst als Teil des Internet durchgesetzt bzw. verbreitet haben.

Als dritte erkenntnisleitende Frage beschäftige ich mich mit dem Thema, warum die Kommerzialisierung und der Internetboom seit 1995 als gewinnorientierte Unternehmung bislang nicht erfolgreich war.

Ihren zeitlichen Anfang findet diese Arbeit mit der Geschichte und Vorgeschichte des ARPAnet ab 1957. Man kann darüber streiten, ob das ARPAnet in seiner Gesamtheit eigentlich zum Internet gehörte. Der Begriff Internet meint eigentlich die Verbindung zwischen unterschiedlichen Netzwerken durch ein gemeinsames Protokoll, was erst durch TCP/IP erreicht wurde. TCP/IP wurde 1974 vollständig spezifiziert und setzte sich erst ab 1983 zunehmend als ‚Netz der Netze‘ durch. Allerdings entstand TCP/IP selbst innerhalb des ARPAnet-Bereiches, wie auch andere Basistechniken dem ARPAnet entstammen.

Als Literatur wurden verschiedene Internetquellen, Artikel aus Zeitschriften (c’t und Spiegel), sowie Monographien benutzt. Die Internetquellen selbst sind teilweise widersprüchlich und manchmal läßt das technische wie auch das historische Niveau etwas zu wünschen übrig, wie auch manche Monographien. Auf diese ‚unsichere‘ Literatur wurde weitestgehend verzichtet, soweit es offenkundig und möglich war oder durch andere Literatur zusätzlich abgesichert.

In dieser Hausarbeit wird bewußt der Begriff ‚Technik‘ statt ‚Technologie‘ benutzt, weil erstens der Ansatz der Technikgeschichte gewählt wurde und zweitens Technologie ein Marketingwort ist, das erst in den 90er Jahren aufkam. Erwägenswert wäre es, den Begriff Technologie für eine immaterielle Technik zu benutzen, da immaterielle Techniken sehr

häufig in der Informatik der Fall sind. Allerdings wird dafür der Begriff Technologie in den Medien und anderen Bereichen viel zu weitläufig und undifferenziert gebraucht.

2. ARPAnet:

2.1. Vorgeschichte des ARPAnet

1957 wurde als das ARPA (Advanced Research Projects Agency) vom amerikanischen Verteidigungsministerium gegründet. Es war Teil einer nationalen und militärischen Forschungsinitiative der USA als Antwort auf den Sputnik-Schock. Sputnik war die erste unbemannte Raumsonde der UdSSR im Weltraum. Sie wurde von den USA als ein Anzeichen einer technischen ‚Unterlegenheit‘ im Kalten Krieg gesehen. Wie häufiger in der US-amerikanischen Forschungsgeschichte waren damit eigentlich militärische Ziele die Keimzelle für spätere Weiterentwicklungen, die dann starke Auswirkungen auf den zivilen Bereich hatten.

1962 wurde J.C.R. Licklider Chef einer Abteilung des ARPA, die sich mit Nutzen von Computern für militärische Forschung beschäftigte. Während damals noch Stand der Technik das Batch-Processing und Time-Sharing der Großrechner war, suchte er nach neuen interaktiven Wegen. Er hatte beobachtet, dass sich an den damaligen Terminals der time-sharing Computer Gemeinschaften bildeten, die sich untereinander bei verschiedenen Problemen bei ihrer Forschung halfen. Er hatte den Gedanken, alle diese lokalen Gemeinschaften zu dem ‚Intergalactic Network‘ zusammen anzuschließen, so dass eine große Online-Forschungsgemeinschaft entstehen würde. Allerdings sollte dieses durch einen einzigen Zentralrechner verwirklicht werden. Relativ neu war die Anschauung, den Computer nicht als Rechenmaschine, sondern als Kommunikationsmaschine zu betrachten [Hafner/Lyon 2000].

"In a few years men will be able to communicate more effectively through a machine than face to face...When minds interact, new ideas emerge." [Licklider nach Hauben/Hauben, 1996]

1967 kam man in die Spezifikationsphase. Die Leitung der dafür zuständigen Abteilung IPTO (Information Processing Technique Office) besaß Robert Taylor. Er hatte sich statt eines einzigen Zentralrechners für eine Verbindung der verschiedenen militärischen lokalen Großrechner entschieden. Das ehrgeizige Ziel war, eine standardisierte Verbindung zwischen verschiedenen Großrechnern unter verschiedenen Betriebssystemen zu entwerfen. Zweck war es die Rechen- und Speicherressourcen auch auf entfernten Mainframes zu nutzen, um vorhandene Kapazitäten besser auszulasten, statt neue einzurichten.

Über 100 Entwickler arbeiteten nun an den Spezifikationen. Ermöglicht wurde es durch

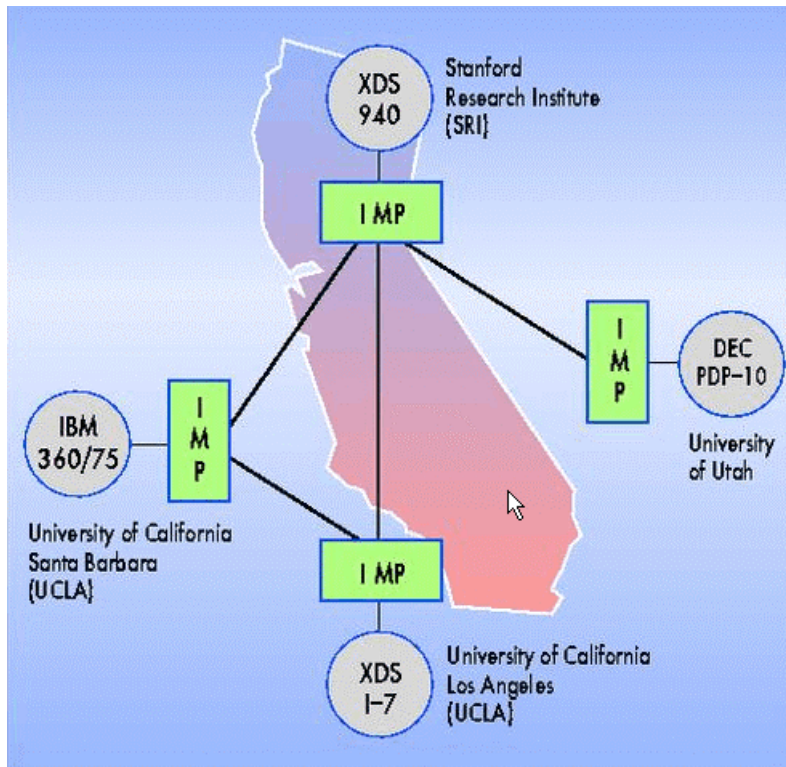
die neue RFC (Request for Comment)-Philosophie: In der lokalen und moderierten MsgGroup (Message Service Group), was heute einer Mailing-Liste entspricht, konnte sich jeder Beteiligte zu jedem Aspekt äußern. Zum Beispiel: nur eine Idee oder einen Rohentwurf vorstellen, dieser konnte dann von jedem selbst nur durch einen einzigen Satz kommentiert werden oder auch nur eine Frage aufwerfen, die bislang keiner gestellt hatte. Dieser Entwicklungsprozeß läßt sich als laufendes Entwerfen, Verwerfen und Verbessern von Ideen und Designs durch einen offenen und sehr kreativen Diskussionsprozeß beschreiben. Dieser stand im Gegensatz zu den bis dahin häufig autoritären Projektorganisationen und dem Konkurrenzdenken der Entwickler. Statt dessen wurde kooperiert und diskutiert. Diese RFCs kann man noch heute als Entwicklungsvorschläge im Internet nachlesen.

Diese Organisationsform korreliert stark mit der Mentalität der damaligen 68'-Bewegung, die innerhalb der Bewegung stark kooperierten und diskutierten, im Gegensatz zu dem damals herrschenden autoritären Modell [Hafner/Lyon, 2000].

Fazit: Entstanden ist die RFC-Philosophie aus der Notwendigkeit die Entwicklerkonferenzen zu dokumentieren. Daraus wurde die Idee über Mailinglisten alle über den aktuellen Entwicklungsprozeß zu informieren und ihn offen zu diskutieren. Später wurden die Mailinglisten zu einem eigenständigen Kommunikationsmedium über anderen Themen, z.B. ‚SF-Lovers‘.

2.2. Inbetriebnahme und Technik des ARPAnets

1969 wurden dann die ersten Rechner an die neuentwickelten IMPs (Interface Message Processors) angeschlossen. Die IMPs waren die Router des ARPAnets. Die IMPs selber basierten auf eigenständigen Mini-Computern mit 24kByte Ram (groß wie ein Kleiderschrank) die über Standleitungen mit anderen IMPs kommunizierte. Nur die kleine Firma BBN erklärte sich bereit, nach der ARPAnet-Spezifikation die IMPs zu bauen, zahlreiche Firmen wie IBM lehnten wegen ‚Unrealisierbarkeit‘ den Auftrag ab [Hafner/Lyon, 2000].



[Abbildung 1: Das ARPANet 1969, aus Borchers, et al., 1999].

Zwischen den IMPs wurde ein standardisiertes Paket-Switching-Protokoll eingeführt. Bei diesem Protokoll wurden die zu übertragenden Daten des Hostrechnerrechners vom jeweiligen IMP in einzelne Datenpakete zerteilt. Jedes Paket konnte dann seinen eigenen Weg von IMP zu IMP bis zum Ziel-IMP nehmen, der die einzelnen Pakete wieder zu der ursprünglichen Datei zusammenfügte.

Beim ARPANet wurde die Low-level-Protokollentwicklung zwischen dem einzelnen IMP und dem jeweiligen Hostrechner dem jeweiligen Hostrechenzentrum selbst überlassen.

Über diesen beiden Low-Level-Protokollen (IMP-IMP und IMP-Host) wurde als höhere Schicht das NCP (Network Control Protocol) für die Host-Host-Kommunikation aufgebaut (Layer-Technik). Auf dem standardisierten NCP bauten dann FTP, Telnet, Email, usw. auf [Hafner/Lyon, 2000].

Den Entwurf für diese ‚Distributed Network‘-Idee für das ARPANet erstellte Larry Roberts 1966. Heute gehört er zu denjenigen, die am vehementesten bestreiten, dass ein ‚atomkriegssicheren Netzes‘ der Grund für die Dezentralität des ARPANet war:

„Es ist ein Gerücht, dass das Internet entwickelt wurde, um einen nuklearen Krieg auszuhalten. Das ist total falsch. Wir wollten ein effizientes Netz aufbauen.“ [Borchers, et al., 1999].

Das Atomkriegsargument wurde nur benutzt, weil sich damit gut militärische Gelder lockermachen ließen. Das Atomkriegsszenario besaß für Roberts nur eine sehr geringe Priorität, wenn überhaupt. [Hafner/Lyon, 2000, S. 90].

Beim vorherigen Bitstream-Verfahren traten extreme Datenspitzen bei den Standleitungen auf. Deswegen mußte eine große Leitungsbandbreite vorhanden sein. Allerdings gab es auch Pausen, wo überhaupt keine Datenübertragung stattfand. Die teuren überregionalen Standleitungen waren also sehr ungleichmäßig ausgelastet.

Durch die Aufteilung des Datenstromes in Datenblöcke (Packet-Switching) und das Benutzen von verschiedenen Routen für die Datenpakete (Paket-Routing) wurde die Auslastung der Standleitungen verbessert und der Datendurchsatz gleichzeitig erhöht (Effizienzgedanke) [Hafner/Lyon, 2000].

In den 60er Jahren wurden verschiedene Paket-Switching-Konzepte an verschiedenen Orten separat entwickelt. Das erste Konzept für Paket-Switching läßt sich für 1959 belegen, als Leonard Kleinrock "Information Flow in Large Communication Nets" als Dissertation einreichte und 1961 veröffentlicht wurde. Er arbeitete später beim ARPAnet mit Larry Roberts zusammen und war auch bei der ersten Verbindung zweier IMPs federführend [UCLA, 2001].

1964 entwickelte Paul Baran (RAND) im Auftrage der US Air Force einen Ansatz der "Paketorientierten Datenübertragung" für ein atomkriegssicheres Netz, was jedoch von der Air Force abgelehnt wurde. Barans Konzept wird häufig im Zusammenhang mit dem ARPAnet erwähnt (Zakon, 2001 und Vetter, 2000), aber erst ab 1969 läßt sich nur ein sehr loser Kontakt zwischen ARPAnet-Mitgliedern und ihm belegen [Hafner/Lyon, 2000].

1965 entwickelte der Physiker Donald Watts Davies am britischen National Laboratory (NPL) ebenfalls ein paketorientiertes Netz, welches 1968 dort implementiert wurde [Hardy, 1993]. Davies arbeitete nach 1965 intensiv bei ARPAnet mit Larry Roberts zusammen [Hafner/Lyon, 2000].

2.3. Die Invention der Email

1971 bastelte Ray Tomlinson (BBN) aus dem SNDMSG, einem der vielen Messageprogramme für die User-to-User-Kommunikation auf lokalen Großrechnern und einem experimentellen File-Netz-Copy-Programm CPYNET das erste Emailprogramm für entfernte Netzrechner zusammen. Für seine Invention der Email schrieb er im März 1972 darauf ein eigenes Programm zum Senden und Lesen der Emails. Er ‚erfand‘ auch das ‚@‘, weil auf seiner Tastatur kein anderes Zeichen mehr frei war. Im Juli 1972 entwickelte Larry Roberts ein weiteres Emailprogramm, das schon mit selektivem Lesen der Emails, Reply-to-Email und Append-File arbeitete [Hafner/Lyon, 2000].

1979 führte Kevin MacKenzie von der MsgGroup die ‚Emoticons‘ [:-)] für die Emails und Mailinglisten ein [Winston, 1998].

Die Emails und die Mailinglisten erfreuten sich einer großen Beliebtheit im ARPAnet.

1973 machten sie bereits 75% des Datenverkehrs aus, natürlich auch für viele nicht wissenschaftliche Zwecke. Das war die große Überraschung im ARPAnet, mit der keiner gerechnet hatte. [Rischbode, ohne Jahrangabe].

2.4. Fazit

Von dem Aspekt des reinen Ressourcensharing zwischen entfernten Mainframes der militärischen Forschungseinrichtungen unter verschiedener Hardware mit verschiedenen Betriebssystemen hatte sich das ARPAnet in einer grass-roots-Bewegung zu einem Kommunikationsmedium zwischen Menschen entwickelt.

Die technische Spezifikation des ARPAnet vollzog sich durch die RFC-Philosophie mit den Mailinglisten in einem diskursiven Bottom-Up-Prozeß. Das technisch entscheidende Paket-Switching-Konzept läßt sich nur schwerlich einem einzigen Erfinder zuschreiben.

1971 wurde das jetzt inzwischen 15 Hosts umfassende Netz der Öffentlichkeit als ARPAnet vorgestellt. Bis 1983 wuchs es über 4.000 Hostrechner von hauptsächlich militärischen und universitären Forschungs- und Verwaltungseinrichtungen. Im selben Jahr wurde der militärische Teil des ARPAnet an MILInet übergeben. 1985 wurde das zivile NSFnet (National Science Foundation Net) gegründet, das als Backbone für die zahlreichen Internethosts diente [Segaller, 1998]. 1989 wurde das ARPAnet aufgelöst und seine Reste gingen teilweise an das NSFNET über, was damals schon weit größer als das ARPAnet war und 1989 dann ca. 100.000 Hosts besaß [Zakon, 2001].

Dass das ARPAnet/Internet gebaut wurde, um im Falle eines Atomkrieges die militärische und zivile Kommunikationsfähigkeit zu sichern, halte ich weitgehend für einen Mythos. Für der Entstehung des ARPAnet spielt es kaum bis gar keine Rolle. Der Effizienzgedanke war der entscheidende Punkt für die Einführung des Paket-Switching und des Distributed-Networks (s.o.).

Das Atomkriegsargument ließ sich allerdings gut zum Lockermachen militärischer Forschungsgelder nutzen, die aber schon flossen, allein um die militärische Forschung und die Großrechnernutzung über das ARPAnet zu intensivieren. Ob das Atomkriegsargument später in den 70er- und 80er Jahren eine entscheidende Rolle beim Ausbau des Internet spielte, außerhalb der Präsentation für das Verteidigungsministerium und für die Öffentlichkeit, ließ sich nicht belegen. Nach meiner Meinung handelt es sich bei diesem Argument um ein zusätzliches Argument, aber nicht um ein notwendiges Argument für die Entwicklung und den Ausbau des ARPAnet/Internet. Das Nutzungspotential des ARPAnet/Internet war schon ohne das Atomkriegsargument mehr als ausreichend groß.

3. TCP/IP

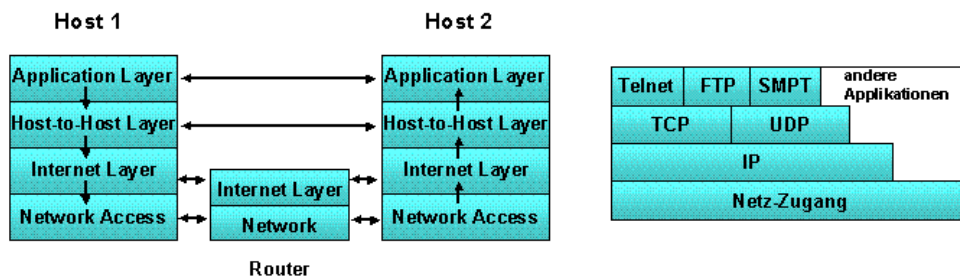
Anfang der Siebziger kam die Idee auf, dass die großen IMPs abgelöst werden sollten. Dafür wurde 1972 von ARPA die ‚Internet Working Group‘ gegründet.

Dessen zweite Aufgabe war es, einen Verbindungsstandard zwischen ARPAnet und anderen unabhängigen Netzen zu entwickeln. Rasch erkannte man, dass das ARPAnet Protokoll NCP dafür nicht ausreichte. Das NCP basierte auf festen Paketgrößen zwischen den IMPs, während für den Transport von Datenpaketen über verschiedene Netzwerke die Paketgrößen selbst variabel sein mußten, weil jedes Netzwerk eigene Paketgrößen verwendete. Zudem konnte NCP keine Ende-zu-Ende-Kontrolle bei Verbindungen über Router garantieren (kein Verbindungsabbau).

Im Jahre 1972 beschäftigte sich Bob Metcalfe bei Xerox-Parc damit, das hausinterne Netzwerk MAXC zu verbessern und mit dem ARPAnet zu verbinden. Dabei erfand er eine Übertragungstechnik, die er Ethernet nannte. Die Erfindung erregte das Interesse von Bob Kahn (ARPA) und Vinton G. Cerf (Stanford University), die Mitglieder in der Internet Working Group waren.

1974 wurden in einem Aufsatz von beiden erstmals die Grundzüge der TCP/IP Architektur dargelegt, deren Ziel in der Unabhängigkeit von der verwendeten Netzwerktechnik und der Hostrechner-Architektur bestand, sowie den Verbindungsabbau der Übertragung sicherstellen sollte.

Das eigentliche Internet basiert auf einer 4-Layer-Technik (siehe Abbildung 2).



[Abbildung 2: Die 4-Schichten-Modell des Internet, HTTP liegt auf derselben Schicht wie FTP und Telnet, aus Hartmann, 1997]

Der Datentransport beim Sender erfolgt von der Applikation abwärts bis zu niedrigsten Schicht, meistens bis zu Internet-Schicht (IP). Über IP (Internet Protocol) wird dann das Datenpaket über die verschiedenen IP-Router bis zum Empfängerhost transportiert. Beim Empfänger werden die Daten dann von den unterer Protokollen durch mehrere Schichten bis zur Anwendung durchgereicht.

Einerseits stellt jede Protokollschicht (Layer) Dienste für die höherliegende Schicht über eine Schnittstelle bereit. Andererseits nutzt es die Dienste der darunter liegenden Schicht für

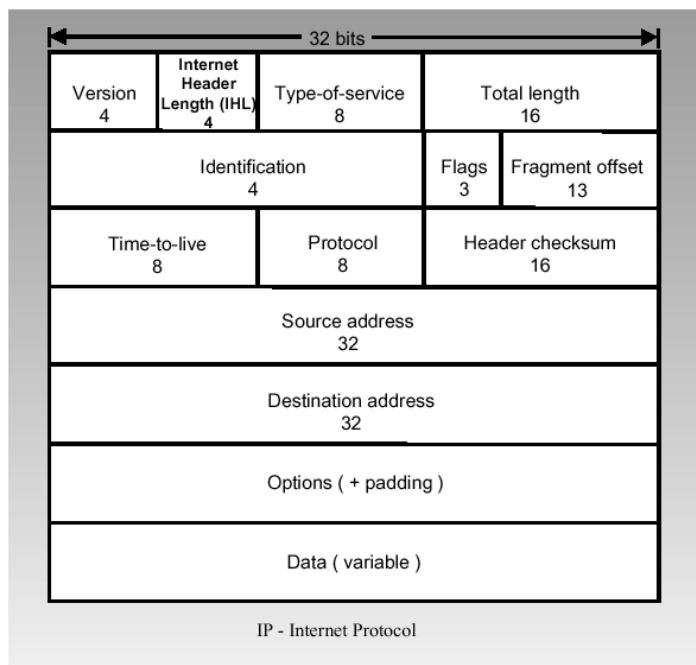
seinen eigenen Datentransport über die Implementierung dessen Schnittstelle. Durch die Layer-Technik sind die Protokolle der einzelnen Schichten vollkommen austauschbar. Die Internet-Router arbeiten dabei eigentlich meistens nur auf der IP-Schicht. Der Netzwerk-Router-Anteil sorgt nur für die Kommunikation innerhalb des Subnetzwerkes und bereitet die Subnetzwerkdaten für den Transport über die IP-Schicht auf.

Dabei addiert jede Schicht ihre eigenen Header um die Daten (Einkapselung).

			<i>Berutzer-Daten</i>	Anwendung
		TCP-Header	<i>Berutzer-Daten</i>	Transport (TCP-Segment)
	IP-Header	TCP-Header	<i>Berutzer-Daten</i>	Internet (IP-Datagramm)
Netzwerk-Header	IP-Header	TCP-Header	<i>Berutzer-Daten</i>	Netzwerk (Netzwerk-Paket)

[Abbildung 3: Fortlaufende Einkapselung der Daten durch die Header der jeweiligen Schicht, aus Hartmann, 1997]

IPv4 versieht jedes diese Pakete mit einem 20 Byte langen Header u.a. aus Quell- und Zieladresse (z.B.: 234.126.56.78), wobei die 20 Bytes via den optionalen Teil auch überschritten werden können. IP ist auch für das Routing im Netzwerk zuständig. Falls eines der IP-Pakete für die darunter liegende Netzwerkschicht zu groß ist, fragmentiert IP dieses Paket selbstständig in kleinere und fügt in dem IP-Paketheader Unternummerierungen ein. Diese Unterfragmentierung der Pakete sorgt für eine variable Paketgröße [Hartmann, 1997].



[Abbildung 4: Der Aufbau des IPv4-Headers, aus Lenord, 2000]

Die variable Unterfragmentierung der Pakete ist die eigentliche Invention von TCP/IP, die den Pakettransport zwischen Netzwerken mit verschiedenen Paketgrößen erlaubt.

In den ‚Type of Service‘-Bits (TOS) können verschiedene Tags für die Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit der IP-Pakete gesetzt werden, Sie werden jedoch von den meisten Routern ignoriert [Lenord, 2000].

Precedence Bit 0-2	Delay Bit 3	Throughput Bit 4	Reliability Bit 5	Cost Bit 6	Reserviert Bit 7=0
-----------------------	----------------	---------------------	----------------------	---------------	-----------------------

[Abbildung 5: Die Bedeutung der ‚Type of Service‘-Bits (TOS), aus Lenord, 2000]

TCP (Transmission Control Protokoll) ist ein verbindungsorientiertes Protokoll. TCP zerlegt die Daten der Benutzerprozesse in Pakete (Datagramme) mit einer maximalen Länge von 64 KBytes. Diese sendet TCP als separate IP-Pakete mit einer fortlaufenden Nummerierung. Des weiteren sorgt es für sichere Übertragung in Bezug auf Error-Correction und Vollständigkeit aller IP-Pakete.

UDP (User Datagram Protokoll) ist ein verbindungsloses Protokoll ohne vollständige Übertragungssicherheit für alle IP-Pakete. Der Vorteil ist der geringe Overhead durch Headerinformationen und der schnelle Verbindungsaufbau. Nachteil ist, dass der sichere Empfang aller IP-Pakete und deren richtige Reihenfolge nicht garantiert werden kann. Benutzt wird es für kurze und schnelle Übertragungen und für diverse Streaming-Verfahren, z.B.: Videostreaming.

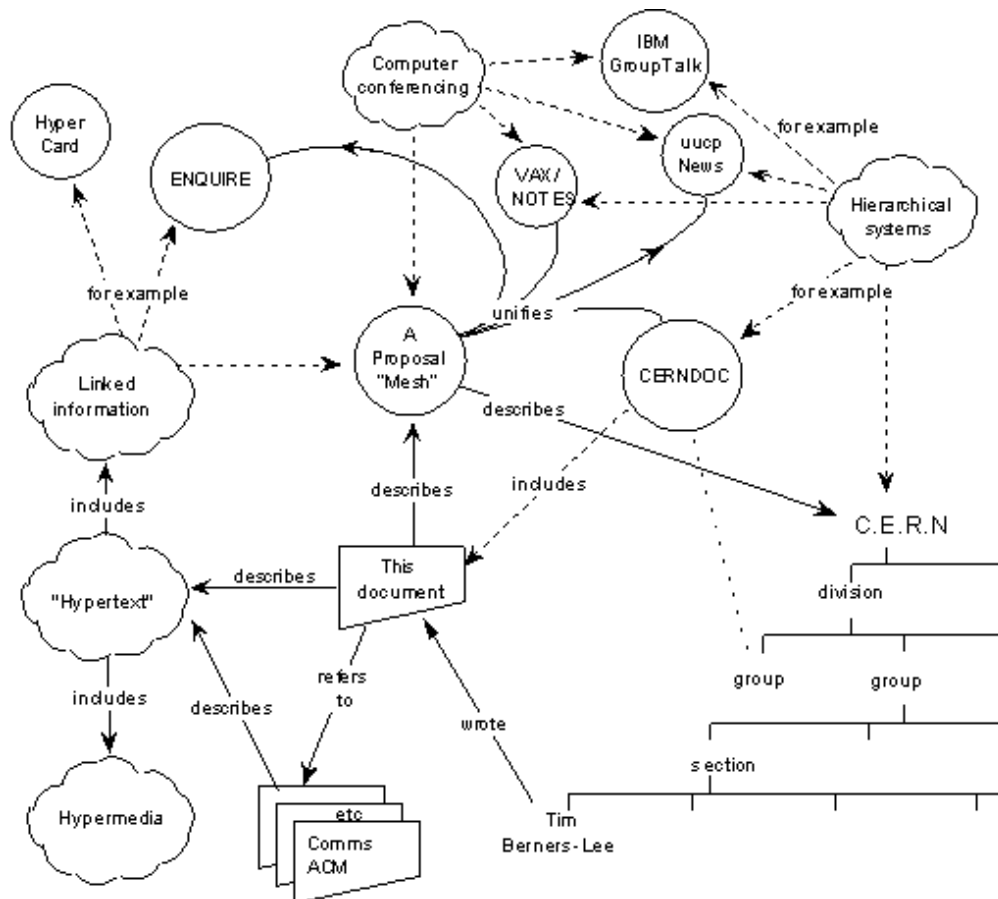
Zuerst wurde TCP/IP für Verbindungen vom ARPAnet zu anderen Netzen eingeführt, bis 1983 wurde das ARPAnet vollständig von NCP auf TCP/IP umgestellt. Im selben Jahr wurde TCP/IP auch der aktuellen Unix-Release hinzugefügt [Hartmann, 1997].

4. Invention von HTML und des World Wide Webs

1989 entwickelte Tim Berners-Lee am Kernteilchenforschungszentrum CERN in Genf die Hyper Text Markup Language (HTML) auf einem NeXT-Rechner. HTML war die Lösung für das Problem der Informationsorganisation innerhalb des CERN.

Dort arbeiteten Hunderte von Forschern, eine hohe Personalfluktuaton herrschte und es gab einen regen Informationsaustausch mit anderen Instituten. Mit den herkömmlichen Mitteln war der dabei produzierten Informationsflut nicht mehr Herr zu werden und es ging auch ständig einiges an Informationen verloren. Einige Lösungen waren schon ausprobiert worden [Berners-Lee, 1999].

1989 veröffentlichte Tim Berners-Lee seinen Vorschlag für die Informationsorganisation basierend auf dem Hypertext-Konzept einschließlich Hypermedia, woran er schon seit einigen Jahren teils privat und teils beruflich arbeitete [Berners-Lee, 1989].



[Abbildung 6: Ein Strukturdiagramm der Datenorganisation als Vorschlag für die Lösung der Informationsorganisationsprobleme beim CERN. Unten rechts ist die Struktur des CERNs selbst zu sehen. Die Kreise und die Polynome stellen vorhandene unterschiedlichen Datensysteme (teilweise Datenbanken, Newsgroups, usw.) dar, die ‚wolkigen‘ Umrandungen die neue Integration durch das Hypertextsystem, einschließlich Hypermedia. Die Pfeile zeigen die Bezüge (Links) zwischen den Datensystemen auf. Aus Berners-Lee, 1989]

Der Hypertext-Gedanke besitzt eine lange Vorgeschichte, seinen ersten Durchbruch gelang ihm mit dem Programm HyperCard auf dem Apple MacIntosh in den achtziger Jahren. Bei einer Hypertextseite werden innerhalb der Seite Verknüpfungen (Links) auf Stellen derselben Seite oder auf andere Seiten eingerichtet, zu denen man sich mit nur durch einem einzigen Mausklick bewegen kann. Dadurch kann ein gesamtes Hypertextdokument eine beliebige Struktur annehmen. Im Gegensatz dazu stehen die gängigen sequentiellen oder hierarchischen Textstrukturen.

Berners-Lee selbst bezog sich hauptsächlich auf Ted Nelsons Ideen der „Literary Machines“ von 1965. HTML kann zusätzlich zu Hypertext seine Links auch auf Seiten auf andere Rechner im gesamten Internet beziehen. So konnte ein „distributed hypertext system“ [Berners-Lee, 1989] entstehen, vergleichsweise wie das Internet selbst ein ‚distributed decentralized network‘ ist.

Zur anschließenden Popularität von HTML trugen noch zwei weitere Faktoren bei: erstens können Datensätze, Grafiken usw. im Dokument integriert werden, was schon für

den Informationsaustausch am CERN notwendig war (Hypermedia). Zweitens ist HTML eine sehr einfach zu erlernende und zu implementierende Seitenbeschreibungssprache, wobei einige der Ideen für HTML vom weitaus komplexerem SGML (Standard Generalized Markup Language von 1986 unter ISO 8879) übernommen wurden.

1990 gründete sich um Berners-Lee eine kleine Arbeitsgruppe und die Spezifikations- und Codierungsphase begann. Zudem entwickelte Berners-Lee auch das Übertragungsprotokoll HTTP (Hypertext Transport Protokoll) für HTML, sowie den ersten primitiven Browser/Editor, den er ‚WorldWideWeb‘ nannte [Berners-Lee, 1999].

Bis 1993 existierten 10 verschiedene Browser für das Web, aber von einem Durchbruch des Webs im Internet konnte keine Rede sein. Nur 0.1% des Datenaufkommens basierten auf HTML-Seiten. Dies änderte sich drastisch als Mark Andreessen 1993 im CERN-Institut die erste Version seines ‚Mosaic-Browsers‘ vorstellte. Im selben Jahr entschied das CERN für die WWW-Technik keinerlei Patent- und Copyrightgebühren zu erheben. 9 Monate später machte das Web schon 1% des Datenaufkommens des Internets aus. Mark Andreessen verließ den Softwarehersteller NSCA und wird Mitbegründer von Netscape, die im Dezember 1993 Navigator v1.0 und 1994 Version 2 herausbrachten [w3history, 2001].

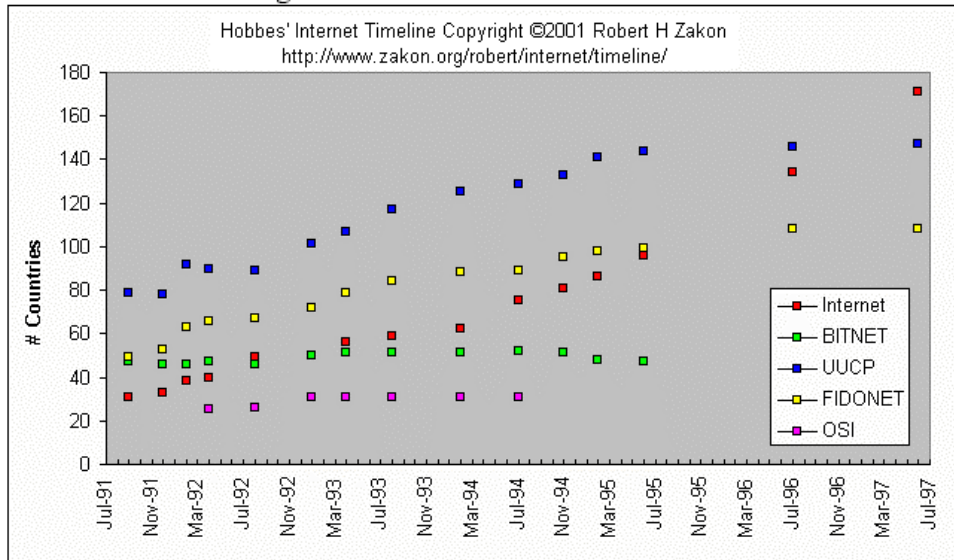
Mosaic bzw. der Netscape Navigator war die Innovation, die den Durchbruch der Invention HTML ermöglichte.

5. Andere Netze und Internet-Dienste

5.1 Andere Netze

Neben dem Internet gab es in den 80er und Anfang der 90er Jahre noch eine Fülle anderer Netze, die heute zumeist nicht mehr existieren (siehe Grafik) [Zakon, 2001], wie auch EARN [EARN, 1986] und verschiedene Online-Dienste, wie CompuServe und American Online (AOL). Im Internet selber gab es auch noch verschiedene Textsysteme, wie das sehr verbreitete Gopher, das ein hierarchisches Textdokumentensystem war, oder WAIS, usw. [Gaffin/Heitkötter, 1994].

Figure: Worldwide Networks Growth



[Abbildung 7: Die Verbreitung verschiedener Netze nach Anzahl der Länder in den 90er Jahren, aus Zakon, 2001]

4.2. Usenet

Während das ARPAnet nur für Personen mit Erlaubnis des Militärministeriums offenstand, entwickelten sich auch in anderen Bereiche Netze. Eines der wichtigsten ist das aus dem universitären Bereich stammende Usenet (Unix-User-Network), was beispielhaft für die Angliederung anderer Netze an das ARPAnet zum Entstehen des heutigen Internets steht.

1979 wurde von Tom Truscott und Jim Ellis das öffentliche Usenet mit Newsgroups eingeführt. Der Gedanke dazu kam den beiden vollkommen separat von den Mailinglisten des ARPAnet.

Beide beschäftigten sich hauptsächlich mit Entwicklungsfragen ihres Schachprogramms, dass eines Tages den damaligen Schachgroßmeister Bobby Fischer schlagen sollte. Dabei spielten sie gegen andere Schachprogramme und lernten UNIX kennen. 1979 kam Unix V7 heraus, dass unter anderem UUCP (Unix-to-Unix-Copy) enthielt. Damit war es viel einfacher als bisher möglich, Files und damit auch Emails zwischen zwei entfernten Unix-Sites auszutauschen. Verwendet wurden dafür temporäre Verbindungen durch Autodial- und Autoanswermodems.

Zusätzlich wurde in Unix V7 ein PD-Programm namens ‚Items‘ ausgeliefert, was ein Bulletin Board auf lokalen Unixservern ermöglichte, allerdings nur mit 512 Bytes langen Messages. Diese Beschränkungen für den Informationsaustausch mit den anderen Mitgliedern der Unix- und Schachprogrammierszene, brachten Truscott und Ellis bei einer Diskussion zwischen ihnen auf die Idee, das Usenet für den überlokalen Gedankenaustausch zu entwickeln. Andere Bekannte von Ihnen schlossen sich dem Projekt an und es wurde eine

erste Version als langsames 3-seitiges BourneShellskript implementiert. Statt eine aufwendige Datenbank zu programmieren, basierte die Struktur auf dem Unix-Filesystem und die Verbindung zwischen den Sites durch temporären UUCP-Verbindungen, wobei für jede Message eine eigene Datei angelegt wurde. Die Messagefiles wurden dann nach dem Store-and-Forward-Prinzip von Server zu Server weitergereicht.

Kurze Zeit später kam eine C-Implementierung hinzu und die Bezeichnung ‚Newsgroups‘ wurde eingeführt. Ursprünglich rechneten die Programmierer mit ca. 100 angeschlossenen Sites und 1-2 Artikeln pro Tag.

1981 wurde das Usenet über ein Gateway mit ARPAnet verbunden, um die Mailinglisten des ARPAnet auch im öffentlichen Usenet benutzen zu können. Natürlich nur die, die vom Verteidigungsministerium freigegeben wurden. Besonderes Interesse fanden solche nicht wissenschaftlichen Newsgroups wie ‚SF-Lovers‘, usw. Das brachte die ‚kritische Masse‘ an Newsgroups für das Usenet, um weitere universitäre wie privatwirtschaftliche Unixsites, vornehmlich aus dem Informatik- und Kommunikationsbereich, anzuziehen. Später wurden Teile des Usenets auf TCP/IP umgestellt, UUCP hielt sich aber noch längere Zeit.

Speziell Firmen wie AT&T und DEC unterstützten die Usenet-Gemeinde, schon aus eigenem Interesse für die Weiterverbreitung von Unix und der Weiterentwicklung neuer elektronischer Kommunikationsformen, die sie für ihre Firmen brauchten. So wurde auch die Email im Unix-Bereich zusammen mit dem Usenet weiterentwickelt.

Year	Number of Sites	Articles/Day	Megabytes/Day
1979	3	~2	-
1980	15	~10	-
1981	150	~20	-
1982	400	~50	-
1983	600	~120	-
1984	900	~225	-
1985	1,300	~375	1+
1986	2,500	~500	2+
1987	5,000	~1000	2.5+
1988	11,000	~1800	4+

[Tabelle 1: Das Wachstum des Usenet, aus Naughton, 1999]

Fazit: Die aus dem universitären Milieu stammende Usenet-Gemeinde ist ein Beispiel dafür, wie gleichzeitig mit dem ARPAnet andere Netze entstanden, sich mit dem ARPAnet verbanden und das Internet populärer machten und aus seiner militärischen Beschränkung befreiten. Man sieht dabei auch, wie im Unixbereich unabhängig vom ARPAnet ganz ähnliche Inventionen erschaffen wurden. Noch heute sind die Newsgroups ein nicht weg zu denkender Bestandteil des Internet. Der Newsgroups-Gedanke wird auch teilweise in Forschung und Wirtschaft für die interne Kommunikation benutzt.

Durchgesetzt hat sich das Usenet als Innovation aus drei Gründen: Erstens durch seinen öffentlichen Charakter im Gegensatz zum militärischen ARPAnet, zweitens durch die

kritische Masse der Mailinglisten, die das ARPAnet einbrachte und drittens durch die staatliche Subventionierung des Datenaufkommens, weil das ARPAnet bzw. NSFnet als sehr preiswertes Backbone des Usenet fungierte. Das Usenet wird auch häufig als „The poor man’s ARPAnet“ bezeichnet [Naughton, 1999].

4.4. Minitel

Erwähnenswert sind noch BTX und insbesondere sein Vorläufer Minitel der France Telecom, der 1981 in Betrieb ging. Während BTX kommerziell ein Mißerfolg war, benutzten noch 1997 ca. 15 Millionen Franzosen Minitel, das inzwischen auf modernere Terminals umgestiegen war, aber im Vergleich zum World Wide Web technisch hinterherhinkte.

Es war bis zum späteren Durchbruch des Webs auch ein kommerzieller Erfolg. Bezahlen mußte die Benutzer für jeden Seitenaufruf. Wobei die Seitenpreise je nach Dienst und Anbieter differieren konnten. Es gab auch kostenlose Seiten. Das Minitel-Unternehmen rechnete mit dem Benutzern die gesamten entstandenen Kosten ab und transferierte zentral die Einnahmen zu dem jeweiligen Dienstanbieter [Rhein-Zeitung, 1997]. Später stellte dann auch das Minitel-System auf Internet um, auch aufgrund massiver Kritik von Premierminister Lionel Jospin [Oebbeke, 1998].

Meines Erkenntnisstandes zufolge war es einer der wenigen, zumindest zeitweiligen kommerziellen Erfolgen in der Geschichte von Netzen als populäre Massenmedien.

5.4. Fazit

Alle diese verschiedenen Netze waren Ausdruck des Prozesses, das immense Potential des Zusammenwachsens von Telekommunikationstechnik und Computertechnik zu nutzen. Durch das Internet mit TCP/IP wurde der technische Standard für die verschiedenen Netze durchgesetzt. Durch HTML und Mosaic/Netscape Navigator wurde der Präsentationsstandard für viele Internetdokumente und Internetdienste etabliert.

6. Seit 1995: Gelungene Kommerzialisierung des Internets?

6.1 Die Kommerzialisierung

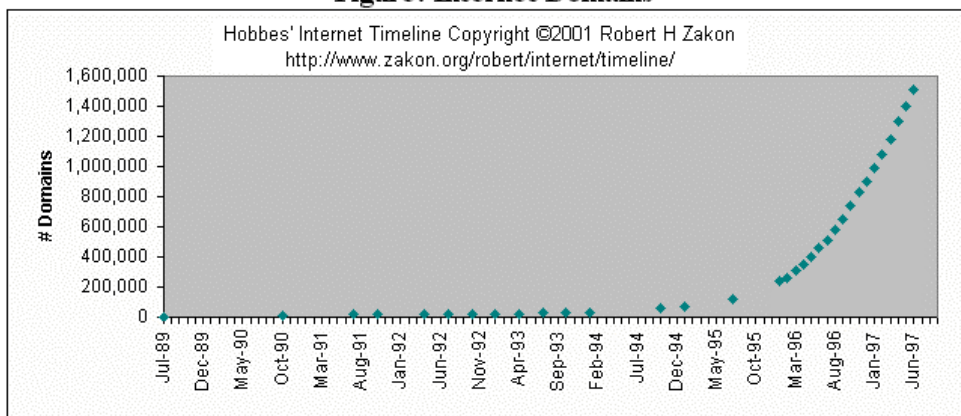
Wurde schon Anfang der Neunziger Jahre der ‚Information Highway‘ von Seiten der US-Regierung massiv gefördert, war er für die Öffentlichkeit bis dahin nur ein Thema für Spezialisten von den Universitäten und aus dem Computerbereich. Ende 1994 kam das

Thema verstärkt in die Massenmedien auf und 1995 gab es eine breite Mediendiskussion über das Internet in den USA.

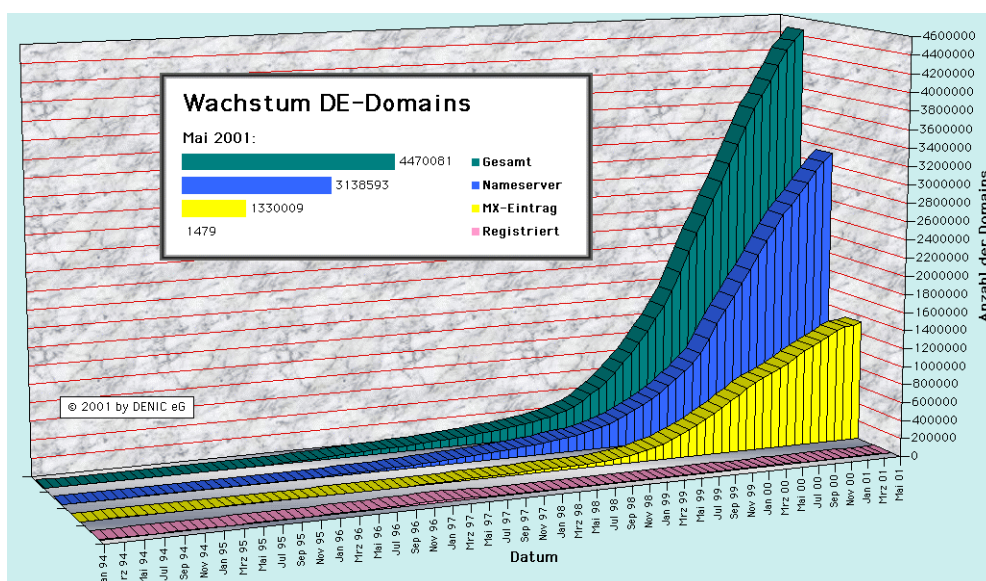
Die Wirtschaft entdeckte die wachsende Bedeutung des Internets: Alleine im ersten Quartal 1995 wurde soviel Venturekapital in das Netz investiert, wie im gesamten Vorjahr. Aufgrund des Drängens der Wirtschaft verabschiedete das US-Repräsentantenhaus und – Senat den 'Communications Act' von 1995. Damit wurde das Internet von staatlichen Einflüssen dereguliert und dem ‚freien Markt‘ überlassen [McChesney, 1996]. Damit begann der Internetboom, das Wachstum des Netzes explodierte.

1995 brachte Sun Java heraus. James Gosling entwickelten Java mit dem Ziel eines möglichst geringen Datenverkehrs zwischen zwei Rechnern in einem Netz. Microsoft brachte seinen Internet Explorer v2.0 heraus und der ‚Browser-Krieg‘ begann. Erst im Jahre 2000 stellte sich eine Verlangsamung des Wachstums durch die ‚dot.com-Krise‘ ein [Zakon, 2001].

Figure: Internet Domains



[Abbildung 8: Das Wachstum der Internet Domains, aus Zakon, 2001].



[Abbildung 9: Das Wachstum der .DE-Domains, aus DENIC, 2001]

6.2. Die bisher verfehlte Internetkommerzialisierung

Dem Internet ist trotz seiner Kommerzialisierung seit 1995 mit massivem Kapitaleinsatz der kommerzielle Erfolg versagt geblieben. Nur wenige Internetfirmen machen Gewinne.

Die Ursache des bisherigen kommerzielle Mißerfolg liegt in der Struktur des Internets begründet, weil diese Struktur keine sicheren Einnahmequellen von den Benutzern selber ermöglicht, wie z.B. beim Handy.

Bis heute fehlt die eindeutige und sichere Zuordnung des Benutzers zum angeforderten Dienst in TCP/IP, um eine Bezahlungsweise der Dienste wie z.B. beim Minitel oder Handy zu ermöglichen. Erst in IPv6 soll eine Benutzeridentifizierung möglich sein, z.B.: über die 48-bittige MAC Identifikationsnummer von Ethernet-Karten. Wahrscheinlich lassen sich diese Identifikationen durch Soft- Hardwarepatches wieder aushebeln. Des weiteren wird die IP-Adresse von 32 auf 128 Bit erweitert und ein spezieller ‚Tunnelmodus‘ eingeführt. Durch ihn wird eine feste Bandbreite zwischen den Routern reserviert. Dies ist für Streaming-Verfahren gedacht. Insbesondere Voice over IP (VoIP, Internettelefonie) könnte es sehr viel weiter bringen als bisher [Toenjes, ohne Jahresangabe]. Obwohl IPv6 schon seit 1996 existiert, zeigt sich erst jetzt ein stark wachsendes Interesse der IT-Firmen an der Erneuerung des alten Internetprotokolles [Leitner, 2001].

Die Finanzierung der Internetdienste durch Werbung, andere diverse Einnahmequellen oder direkte Einzelverträge eines Internetdienstes mit dem Kunden, um sich Einnahmen zu sichern, setzte bislang sich nur in Einzelfällen durch. Momentan läuft der Trend in Richtung dieser Einzelverträge, es soll „Schluss mit kostenlos“ sein. Die monatlichen Abonnementgebühren für z.B. Yahoo-Finanzdienste, Napster, usw. sollen im Bereich von 5 bis 20 DM liegen [Spiegel, 2001]. Auch die Internet Service Provider (ISPs) wie T-Online, AOL, Lycos Europe Portal, WEB.de, GMX.de usw. wollen ihre Inhalte und Dienste (Contents) zukünftig vermehrt kostenpflichtig vertreiben. Das Internet soll sich vom ‚Werbe- zum Pay-Web‘ entwickeln [Krempel, 2001].

Einzelverträge einschließlich Einnahmeeintreibung durch jedes einzelne Unternehmen besitzen allerdings den Nachteil, dass der Verwaltungsaufwand zu hoch ist (volkswirtschaftliche Transaktionskosten bei einem Tausch Dienst gegen Geld). Auch ist die Mentalität für Internet-Dienste zu bezahlen ausgesprochen gering, zudem erfreut sich die Anonymität im Internet einer hohen Wertschätzung.

Insofern ist die Kommerzialisierung des Internets bis heute gescheitert, da die technischen Strukturen kaum Einnahmen ermöglichen. Die ‚unsichtbare Hand des freien Marktes‘ (Adam Smith) ist bis jetzt im Falle des Internets gescheitert.

6.3. Strukturelle Ursachen für die bisher verfehlte Kommerzialisierung

1. Standardisierungsnotwendigkeiten im Internet/IT-Bereich und die Konkurrenzstrategie der Wirtschaft stehen im Widerspruch zueinander.

Häufig wird versucht diesen Widerspruch durch gemeinsame Gremien der verschiedenen Unternehmen zu lösen oder es bilden sich private Quasi-Monopole, wie Intel, Microsoft Windows, Internet Explorer von Microsoft (vormals Netscape Navigator), Novell, usw.

2. Um das Internet zu einem kommerziellen Durchbruch zu machen, bedarf es eigentlich eines ‚Big-Brother-Netzes‘, dass bei der gegenwärtigen neoliberalen Mentalität und Struktur ein Big-Brother-Netz der Wirtschaft wäre.

Es stellt sich die Frage, ob ein solches Big-Brother-Netz der Wirtschaft im gesellschaftlichen Interesse überhaupt wünschenswert wäre.

3. Die Deregulierung des Internets durch den Staat: Im Vergleich dazu war die Privatisierung und Ordnung der Telekommunikationsbranche in den Deutschland und den USA gerade deswegen ein Erfolg, weil der Staat Regulierungsbehörden einsetzte.

Staatlichen Institutionen sorgen einerseits für einen ‚funktionierenden Markt‘, andererseits für einen zumindest teilweisen Interessenausgleich zwischen Staat, Wirtschaft und Gesellschaft (zumindest sollten sie das...).

7. Fazit

1. Potential: Das Potential des Internets als neues Medium entsteht aus der Verbindung von IT- und Telekommunikationsbereich. Inzwischen schwenkt auch der TK-Bereich auf paketorientierte Protokolle um. So basieren ADSL bzw. T-DSL [Kossel, 1999], sowie GPRS und UMTS auf paketorientierten Protokollen [Zivadinovic, 2000].

2. Basisinventionen: Die Entwicklung des Internets war ein fortlaufender Inventionssprozeß in IT-Milieus, der staatlich subventioniert wurde. Das ARPAnet war die Brutstätte des Internets. An den durch ARPAnet gesetzten Standards schlossen sich andere Netze an. Auf diese Standards bauten dann andere Standards wie das HTML auf. Der größte Teil der Inventionen erfolgte in nichtkommerziellen Sektoren des Wissenschafts- und IT-Milieus (Universitäten, ARPAnet, CERN).

Dabei ist auffällig, wie neue Ideen bzw. Gedanken entstehen, wenn die Voraussetzungen dafür bestehen und zwar die Voraussetzungen technischer Art, wie die Voraussetzungen im strukturellen Bereich, z.B. spezifische Milieus, Anstoß von Forschungsprozessen, sowie deren Finanzierung.

3) Mythos: Dass das ARPAnet/Internet gebaut wurde, um im Falle eines Atomkrieges die militärische und zivile Kommunikationsfähigkeit zu sichern, ist weitgehend ein Mythos. Nach meiner Meinung handelt es sich bei diesem Argument um ein zusätzliches Argument, aber nicht um ein notwendiges Argument für die Entwicklung und den Ausbau des ARPAnet/Internet. Das Nutzungspotential des ARPAnet/Internet war schon ohne das Atomkriegsargument mehr als ausreichend groß, wie man in den 90er Jahren sehen konnte.

4) Innovation: Verbreitet hat sich das Internet als populäres Massenmedium durch die Kommerzialisierung ab 1995.

5) Kommerzialisierung: Die gewinnorientierte Kommerzialisierung war dabei selbst aber bis heute nicht erfolgreich. Hauptursache ist der Widerspruch zwischen Standardisierungsnotwendigkeiten im Internet/IT-Bereich und der Konkurrenzstrategie der Wirtschaft.

8. Literaturverzeichnis

[BERNERS-LEE, 1989] Berners-Lee, Tim: *Information Management. A Proposal*,

<http://www.w3.org/History/1989/proposal.html> >, (14.06.2001).

[BERNERS-LEE, 1999] Berners-Lee, Tim: *Weaving The Web. The Original Design And*

Ultimate Destiny Of The World Wide Web, New York: Harper Collins Publishers, 1999.

[BORCHERS, ET AL., 1999] Borchers, Detlef/Benning, Maria/Kuri, Jürgen:

‘Hätt ich dich heut erwartet ...’ *Das Internet hat Geburtstag - oder nicht?*, in: c’t, Magazin für Computertechnik, Heise Verlag, Nr.. 21/1999, S. 128f.

[DENIC, 2001] DENIC AG: *Wachstum .De-Domains*,

http://www.denic.de/DENICdb/stats/domains_fancy.html (24.06.2001).

[EARN, 1986] EARN (European Academic and Research Network): *Pocket Reference*

Summary, unbekannter Ort, 3. Auflage 1986.

[GAFFIN/HEITKÖTTER, 1994] Gaffin, Adam/Heitkötter, Jörg: *EFF's (Extended) Guide to the*

Internet. A round trip through Global Networks, Life in Cyberspace, and Everything...

http://www.cosy.sbg.ac.at/doc/eegtti/eeg_toc.html#SEC204 >, (22.07.2001)

[HAFNER/LYON, 2000] Hafner, Katie/Lyon, Matthew: *ARPA KADABRA oder Die*

Geschichte des Internet, dpunkt.verlag, Heidelberg, 2. Auflage 2000.

[HARDY, 1993] Hardy, Henry Edward: *The History of the net*, Master’s Thesis an der Grand

Valley State University, 1993, <http://www.ocean.ic.net/ftp/doc/nethist.html> > ,

(25.06.2001).

[HAUBEN/HAUBEN, 1996] Hauben, Ronda/Hauben, Michael: *Netizens: An Anthology, Draft*

of a book, 1996, <http://www.columbia.edu/~rh120> > , (11.06.2001) .

[HARTMANN, 1997] Hartmann, Mike: *Die TCP/IP Protokoll Suite*, Institut für Informatik

und Gesellschaft (IIG) an der Universität Freiburg, 1997, <http://www.iig.uni->

- freiburg.de/~mhartman/tcpip/ (17.06.2001).
- [KOSSEL, 1999] Kossel, Axel: *Teure Umwege. Alternativen zu T-DSL*, in: c't, Magazin für Computertechnik, Heise Verlag, Nr. 16/1999, S. 128f.
- [KREMPL, 2001] Krempel, Stefan: *Abschied vom Gratisparadies. Der Leitbildwechsel vom Werbe- zum Pay-Web*, in: c't, Magazin für Computertechnik, Heise Verlag, Nr. 12/2001, S. 40f.
- [LENORD, 2000] Lenord, Matthias: *Internet-Technologien für Ingenieure*, dritte Version des Skript für die Vorlesung „Internet-Technologien für Ingenieure an der Gerhard-Mercator Universität Duisburg, Fachbereich Maschinenbau, Fachgebiet Technische Informatik, Skript als Acrobat-Pdf-Datei unter <http://www.mti.uni-duisburg.de/lehre/internet/script/index.html> (25.07.2001).
- [LEITNER, 2001] Leitner, Felix von: *Das nächste Netz, IPv6 wird zum Protokoll-Unterbau des Internet*, in: c't, Magazin für Computertechnik, Heise Verlag, Nr. 16/2001, S. 202-207.
- [NAUGHTON, 1999] Naughton, John: *A Brief History of the Future. The Origins of the Internet*, Weidenfeld & Nicolson, London 1999.
- [MCCHESNEY, 1996] McChesney, Robert W.: *The Internet and U.S. Communication Policy-Making in Historical and Critical Perspective*, in: *Journal of Communication* 46(1), Winter 1996, S. 98-120.
- [OEBBEKE, 1998] Oebbeke, Alfons: *ARCHmatic-Glossar / -Lexikon, INTERNET-Zahlen (1998)*, <http://www.glossar.de/glossar/1frame.htm?http%3A//www.glossar.de/glossar/z_intrzahl98.htm>, (28.07.2001).
- [RISCHBODE, OHNE JAHRESANGABE] Rischbode, Horst: *Die Geschichte des Internets*, ohne Jahresangabe, <<http://www.users.comcity.de/~horibo/history.htm>>, 13.6.2001).
- [RHEIN-ZEITUNG, 1997] Rhein-Zeitung vom 1.10.1997, *Premierminister fordert Internet-Aktionsplan: Hat das französische Minitel ausgedient?*, <http://rhein-zeitung.de/old/97/10/01/topnews/minitel.html>, (27.07.2001)
- [SEGALLER, 1998] Segaller, Stephen: *Nerds 2.0.1 - A Brief History of the Internet*, TV Books, L.L.C., New York 1998.
- [UCLA, 2001] University of California at Los Angeles, UCLA Computer Science Department, *Leonard Kleinrock Biography*, <<http://www.lk.cs.ucla.edu/LK/Inet>> (28.07.2001).
- [TOENJES, OHNE JAHRESANGABE] Toenjes, Uwe: *IPv6 - Eine Übersicht*, <http://www.ipv6-net.de/special/special0_0.html> (20.06.2001).
- [VETTER, 2000] Vetter, Tobias: *Die Geschichte des Internets*, <<http://www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/mmedia/web/>>, (22.08.2001).
- [W3HISTORY, 2001] <*w3-history*>, Projekt der Deutschen Welle Köln, <http://www.w3history.org> (15.06.2001)
- [WALTER, 1994] Walter, Rolf: *Einführung in die Wirtschaft- und Sozialgeschichte*, Ferdinand Schöningh Verlag, Paderborn u.a. 1994.

- [WINSTON, 1998] Winston, Brian: *Media Technology and Society. A History: From the Telegraph to the Internet*, Routledge, London und New York, 1998.
- [ZAKON, 2001] Zakon, Robert H.: *Hobbes' Internet Timeline*, <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>, (28.07.2001).
- [ZIVADINOVIC, 2000] Zivadinovic, Dusan: *Pakete per Funk Mobilfunk und Internet verheiratet*, in: c't, Magazin für Computertechnik, Heise Verlag, Nr. 21/2000, S. 152f.