

Vom Mikroprozessor zur Datenautobahn

Technischen Möglichkeiten und ihre Entwicklung
27. Oktober 1997

Dr. Bernhard Lang

(c) Dr. Bernhard Lang

März 1995

Jägerstraße 59
21079 Hamburg
email: lang@maz-hh.de

Inhaltsverzeichnis

1 Die Entwicklung der Rechner-Hardware	2
1.1 Von Rädchen, Hebeln und Webstühlen	2
1.2 Von Bits, Relais und Röhren	2
1.3 Mainframe goes electronic	3
1.4 Small is beautiful	4
1.5 Die Rechner fürs Volk	5
1.6 Was nun?	6
2 Geschichte der Betriebssysteme	7
2.1 UNIX: Welche Maschine hätten's denn gerne?	7
2.2 CP/M: Auch Personals wollen verwaltet sein	9
2.3 MS-DOS, MS-Windows: Wie konnte das passieren?	10
3 Die Evolution der Netze	10
3.1 ARPANET: Überleben beim nuklearen Angriff	11
3.2 Unix-to-Unix Copy: Computer unterhalten sich	12
3.3 CSNET: Kommunikation über Grenzen	12
3.4 USENET: Anarchie im Cyberspace	13
3.5 BITNET, FIDONET: ... noch zwei Netze	14
3.6 1995: Internet today	15
4 Internet Organisation und ausgewählte Dienste	17
4.1 Namen, Nummern und Adressen	17
4.2 Das Rückgrad	18
4.3 Email: die elektronische Post	18
4.4 FTP: Datenshopping	20
4.5 News: Neuste Neuigkeiten, Fragen und Gerüchte	20
4.6 Telnet: Reise auf ferne Rechner	22
4.7 WWW: Internet total	22
Literatur	24

1 Die Entwicklung der Rechner-Hardware

1.1 Von Rädchen, Hebeln und Webstühlen

Schon sehr früh in der Geschichte versuchen die Menschen manuelle Hilfen zum Rechnen zu entwickeln. Schon um 3000 vor Christus entstehen mit dem "Staubbrett" in Mesopotamien und mit dem "Abakus" in Babylonien erste Rechenhilfen.

Im 17. Jahrhundert werden erste automatisierte, mechanische Rechenmaschinen für die Grundrechenarten gebaut. Um 1624 entwirft Prof. Wilhelm Schickard in Tübingen eine zahnradgetriebene Maschine, die sechsstelligen Zahlen addieren und subtrahieren kann. 1642 präsentiert Blaise Pascal eine Maschine, welche achtstelligen Zahlen addiert und subtrahiert. Im gleichen Jahrhundert um 1673 erfindet Gottfried Wilhelm Leibniz eine Staffelwalzen-Rechenmaschine, welche als erste alle vier Grundrechenarten ausführen kann.

Die Programmsteuerung, das wesentliche Merkmal heutiger Computer, findet man erstmals in Lochkartengesteuerten Webstühlen von Joseph-Marie Jacquard um 1801-1808. Der Brite Charles Babbage entwickelt 1833 eine Lochkartengesteuerte Rechenmaschine und stattet diese mit mechanischen Speichern aus. Damit erfindet er einen ersten programmierbaren Rechner. Seine Freundin Ada Lovelace schreibt die Programme. Nach ihr ist die Programmiersprache ADA benannt. Ein weiterer Vorläufer heutiger Computer ist die Lochkartenmaschine von Hollerith (1882).

1.2 Von Bits, Relais und Röhren

Der britische Mathematiker Georg Boole legt 1859 mit der Entwicklung der Booleschen Algebra die Basis für die Datenverarbeitung in heutigen Rechnern. In der Booleschen Algebra werden Zahlen durch Kombination der beiden Ziffern 0 und 1 als Binärzahlen dargestellt. Auf dieser binären Zahlendarstellung lassen sich, wie auch im Dezimalsystem, alle Rechnungen durchführen. Der Vorteil der binären Darstellung entsteht dadurch, daß jede einzelne Ziffer nur durch eine einfache *Ja/Nein* Entscheidung oder durch einen der Schaltzustände *Ein/Aus* repräsentiert wird, was den Entwurf von Hardware einfach macht. Die Boolesche Algebra bildet somit die mathematische Grundlage für die Arithmetik in heutigen modernen Rechnern.

Im Jahre 1936 beginnt der Bauingenieur Konrad Zuse eine Rechenmaschine aufzubauen, die auf binären Zahlen basiert. Das erste Modell ZUSE Z1 (1938) besitzt noch einen mechanischen Speicher, das Nachfolgemodell ZUSE Z3 (1941) arbeitet relaisgesteuert, d.h. mit elektromechanischen Schaltern. Unabhängig davon entwickelt Aiken 1944 die Relaismaschine MARK 1.

Erste theoretische Grundlagen der Programmsteuerung stammen von Couffignal (1938). Sie finden aber wenig Beachtung. Der amerikanische Mathematiker von Neumann schafft 1944/46 eine umfassende Theorie zur Programmsteuerung. Er entwickelt die Idee, Programme und Daten in gleicher Form und im gleichen Speicher abzulegen. Die Unterscheidung zwischen Programm und Daten ergibt sich durch den Startpunkt des Programmes

im Speicher und dessen Ablauf. Diese Idee vereinfacht die Architektur der Rechner und gibt ihnen mehr Flexibilität.

Im Auftrag des amerikanischen Militärs bauen John Eckert und John Mauchly 1945 den ersten vollelektronischen Computer mit Namen ENIAC. Die Schaltvorgänge beim Programmablauf werden durch über 18000 Elektronenröhren ausgeführt, welche gegenüber der Relaissteuerung eine vielfache Steigerung der Geschwindigkeit ermöglichen. ENIAC füllte einen Raum von 140 m² aus und verbrauchte mehr als 150 kW Strom. Als Militärrechner werden auf ENIAC Berechnungen zum Bau der ersten Atombombe durchgeführt.

1.3 Mainframe goes electronic

Der nächste entscheidende Schritt in der Rechnerentwicklung wird 1948 in den Laboratorien der amerikanischen Firma Bell durch die Erfindung des Transistors eingeleitet. William Shockley, John Bardeen und William Brattain entdecken die Halbleitereigenschaften von Silizium und Germanium und bauen damit den ersten Transistor. 1956 erhalten sie dafür den Nobelpreis für Physik.

1950 erfindet der Japaner Yoshiro Nakamats die Diskette.

Die Firma Bell baut für das amerikanische Militär 1955 den ersten Rechner, bei dem statt Elektronenröhren erstmals Transistoren Anwendung finden. Damit wird die Verarbeitungsgeschwindigkeit stark erhöht und gleichzeitig der Leistungsverbrauch enorm gesenkt. In Deutschland entstehen 1958 transistorbasierte Rechner von Siemens (2002) und von Telefunken (TR4).

Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Erfindung des integrierten Schaltkreises (IC, Chip) durch den Amerikaner Jack Kilby im Jahre 1959 bei der Firma Texas Instruments (TI). Beim integrierten Schaltkreis brauchen einzelne Transistoren, Widerstände und Kondensatoren nicht mehr auf einer Platine miteinander verdrahtet werden. Sie können vielmehr gemeinsam auf einer Siliziumscheibe durch photochemische, sehr fein strukturierte Ätzverfahren hergestellt werden. Die ersten ICs integrieren nur wenige Transistoren auf einem Chip, heutige höchstintegrierte Halbleiter können mehrere Millionen Transistoren auf einer Fläche von ca. 1–3 cm² enthalten.

In den 60er Jahren werden dann ICs zum Aufbau von Rechnern verwendet und bewirken weiter eine Verkleinerung der Hardware bei Abnahme des Leistungsverbrauchs und Steigerung der Rechengeschwindigkeit.

Bis Ende der 60er Jahre ist die Computertechnologie eine Technologie der Großcomputer (engl. mainframes). Diese sind riesige Schränke voller diskreter Logikschaltungen, welche die Rechenoperationen realisieren. Die Speicherung der Daten erfolgt zunächst in Ringkern- und später in Plattenspeichern.

Durch die Verkleinerung der Bauteile beginnen Computerfirmen mit dem Bau von Minicomputern, die für wenige Benutzer konzipiert sind und in ihren Ausmaßen deutlich kleiner sind als Mainframes dieser Zeit. Diese Minicomputer werden auch zum Steuern industrieller Anlagen und Maschinen verwendet. Erfolgreichster Hersteller von Minicomputern

ist die Firma Digital Equipment (DEC) mit ihren PDP-Serien und deren Nachfolgern, den VAX-Serien.

1.4 Small is beautiful

Der Weg zu den heutigen Personal-Computern (PC) beginnt 1969 mit der Entwicklung des ersten Mikroprozessors durch den Intel-Ingenieur Ted (od. Marican) Hoff. Er hatte den Auftrag, einen Chipsatz für den japanischen Büromaschinenhersteller Busicom zu entwickeln, der einen programmierbaren Tischrechner steuern sollte. Hoff's Leistung besteht darin, daß er den Chipsatz so allgemein entwirft, daß dieser auch für andere Aufgaben einsetzbar ist. Der 4004 Chip bildet die erste Recheneinheit (CPU) in einem einzelnen Baustein. Zusammen mit Peripheriebausteinen ist erstmals ein einfacher Aufbau unterschiedlicher Systeme wie z.B. Ladenkassen, Geldautomaten, Ampeln etc. mit gleichartiger Hardware möglich. Die Anpassung an die unterschiedliche Funktionalität erfolgt durch Software, die durch einen einfachen Satz von Instruktionen erstellt werden kann. Die Leistungsmerkmale sind verglichen mit heutigen Prozessoren sehr bescheiden. Der 4004 Chip besteht aus 2300 Transistoren auf einer Fläche von 1 cm^2 . Pro Sekunde können 60000 Instruktionen abgearbeitet werden.

Intel erkennt das Potential, welches im Konzept dieses neuen Chips steckt, und erwirbt, da es die Nutzungsrechte zunächst nicht besitzt, diese von Busicom zurück. Die Vermarktung entwickelt sich jedoch nur zögerlich und man merkt bei Intel, daß Anwender eine breite Unterstützung durch Entwicklungswerkzeuge, Programme, Entwicklungsbeispiele und Schulungen benötigen.

Der Durchbruch der Mikroprozessoren wird durch die Entwicklung weiterer Bausteine gefördert, die den Mikroprozessor ergänzen und erst den kompakten Aufbau von Rechnersystemen ermöglichen. 1970 entwirft Bob Abbott bei Intel den ersten dynamischen RAM¹-Speicherbaustein. In dem Baustein mit der Bezeichnung 1103 können 1024 Bytes gespeichert werden. Im nächsten Jahr (1971) wird der EPROM²-Speicher mit der Bezeichnung 1702 vorgestellt. Dieser programmierbare Speichertyp hält auch nach dem Abschalten der Spannung seinen Inhalt, kann aber durch Bestrahlung mit UV-Licht gelöscht werden. Er war ursprünglich als Prototyp-Speicher konzipiert, erweist sich dann aber als ideale Ergänzung zu den Mikroprozessoren.

Welche Firma letztendlich als *Erfinder* des Mikroprozessors gelten kann, ist immer noch umstritten. Neben Intel arbeitete auch Texas Instruments an gleichartigen Entwicklungen und beide Firmen können Patente aus diesem Gebiet aufweisen. Momentan gilt Intel als Erfinder des Mikroprozessors und TI als Erfinder des Single-Chip-Prozessors.

Anfang der 70er Jahre werden von bekannten Halbleiterherstellern Mikroprozessoren mit 8-Bit Datenbreite samt Peripherie-ICs gezielt entwickelt und mit zugehöriger Entwicklungssoftware in großen Stückzahlen angeboten. Bekannteste Beispiele sind: 8080 (Intel,

¹RAM: *Random Access Memory*, d.h. schreib- und lesbarer Speicher.

²EPROM: *Erasable Programmable Read Only Memory*, d.h. löschbarer, programmierbarer, nur lesbarer Speicher

1974), 6800 (Moterola, 1974), Z80 (Zilog), 6502 (Rockwell). Es gibt jedoch noch viele weniger bekannte Typen.

1.5 Die Rechner fürs Volk

Die Mikroprozessoren werden zunächst, wie schon angedeutet, weniger zum Aufbau von Rechnern verwendet, sondern zur Steuerung intelligenter Geräte und Automaten. Mitte der 70er Jahre tauchen dann verschiedene Mikrocomputer (Personal Computer) auf dem Markt auf und beginnen den Heimbereich zu versorgen. Die Entwicklung wird durch einen Artikel in der Zeitschrift POPULAR ELECTRONICS im Januar 1975 eingeleitet, in dem der Altair Computer der Firma MITS vorgestellt wird. Weitere Firmen wie Apple Computer, Commodore und Atari, aber auch viele andere Anbieter, die mittlerweile meist in Vergessenheit geraten sind, bieten bald danach ebenfalls selbstentworfenen Geräte an. Zum Teil sind diese Firmen schon im Elektronikbereich etabliert (z.B. Atari als Hersteller von Videospiele), andererseits beginnen neue Firmen unter minimalen Bedingungen mit der Entwicklung und Herstellung. Ein sehr interessantes Beispiel für die zweite Gruppe ist die Firma Apple Computer mit ihrem unkonventionellen Gründer Steve Jobs [1].

In der zweiten Hälfte der 70er Jahre ist noch keine eindeutige Tendenz für die Marktführerschaft einer Firma abzusehen. Mit den Erfahrungen der 8-Bit Verarbeitung entwickeln die Halbleiterfirmen 16-Bit Prozessoren, die ab 1979 angeboten werden. Bekannteste Bausteine sind der Intel 8086, der Moterola 68000 (welcher intern schon 32-Bit verarbeitet) und der Zilog Z8000. Die Meinung, welcher Prozessortyp der Beste ist, spaltet schon damals die Anwender.

Einen entscheidenden Einschnitt in der Geschichte der Mikrocomputer bewirkt die Vorstellung des IBM Personal Computers (IBM-PC) im Jahre 1981. In der Firma IBM hat man bei der Entwicklung zunächst nicht den privaten Massenmarkt im Auge, sondern will intelligente Terminals für die eigenen Großrechner schaffen. Als Prozessor wird der 16-Bit Prozessor 8088 der Firma Intel eingesetzt, eine Abwandlung des 8086 mit 8-Bit Interface nach außen, mit dem eine einfache und billige Hardware entworfen werden kann. Nach seiner Vorstellung beginnt eine rasante Entwicklung der Personalcomputer. Der PC wird bald von anderen Firmen insbesondere aus Fernost nachgebaut. Intel übernimmt die Marktführerschaft bei Prozessoren und hat sich diese bis heute nicht abnehmen lassen.

Größte Anbieter von nicht IBM-PC kompatiblen Mikrorechnern werden Atari und Apple Computer. Beide Firmen setzen Moterola Prozessoren ein. Die großzügige und geradlinige Architektur des 68000 und seiner Nachfolger machen diese Prozessoren besonders geeignet für die Ausbildung und für speicherintensive Applikationen. Die Bedienung der Rechner beider Hersteller ist grafikorientiert und wesentlich einfacher und moderner als zunächst beim IBM-PC. Atari Rechner werden häufig von Schülern und Studenten gekauft. Apple Rechner sind für speicherintensive Grafik-Anwendungen (z.B. Desktop-Publishing Applikationen) geeignet, so daß sie besonders im Design- und Grafikbereich eine weite Verbreitung besitzen. Trotz aller Vorzüge bleibt der Marktanteil gegenüber IBM-Systemen eher klein.

In den 80er Jahren verbessern die Prozessorhersteller zunächst die 16-Bit Architekturen (1984: Intel 80286, Moterola 68020). Ende 1985 stellt Intel den 80386 Prozessor vor und leitet damit die 32-Bit Generation im IBM-PC Bereich ein. Es folgen Verbesserungen der Rechenleistung von 32-Bit Prozessoren: 68030, 80486 (1989), 68040.

1.6 Was nun?

Die bisherigen, als sogenannte CISC³ Rechner klassifizierbaren Prozessoren stellen auf der Maschinenebene eine große Anzahl von komplexen, leistungsfähigen Befehlen zur Verfügung. Hochsprachenprogramme (C, Pascal, Fortran, etc.) werden durch Übersetzerprogramme (Compiler) auf diese Maschinenbefehle abgebildet. Eine Analyse der von Compilern generierten Instruktionen zeigt, daß viele Maschineninstruktionen in ihrer Komplexität nicht ausgenutzt und somit in ihrer Leistungsfähigkeit nicht benötigt werden. Sie bewirken vielmehr einen Overhead, der es sehr schwer macht, die mögliche Leistung eines solchen Prozessors auszunutzen.

Ende der 80er Jahre tauchen Prozessoren auf, die nach dem RISC⁴ Prinzip arbeiten. Bei der Entwicklung dieser Prozessoren steht nicht die Entwicklung des Befehlssatzes an erster Stelle sondern die Analyse von Hochsprachenprogrammen. Durch Analyse der von Compilern generierten Instruktionen entwirft man einen einfachen, an Hochsprachen angepaßten Satz von Maschinenbefehlen, welchen man bezüglich der Ausführungszeit optimiert. Dann können statt eines komplexen CISC Befehls in der gleichen Zeit mehrere einfache RISC Befehle ausgeführt werden.

Anfang der 90er Jahre erscheinen die ersten RISC Prozessoren auf dem Markt und treten in Konkurrenz zu den CISC Prozessoren, insbesondere zu deren führendem Vertreter: dem Intel Pentium. Zwei RISC-Serien, ALPHA und PowerPC, haben dabei das Potential, dem Pentium die führende Marktposition streitig zu machen. Beide Serien sind mit Blick auf den Workstation- und den PC-Bereich, welche immer stärker zusammenrücken, entwickelt worden. Die ALPHA Prozessorserie stammt vom traditionellen Computerhersteller Digital. Die Familie der Power-PC Prozessoren wird in Kooperation von den drei Firmen Moterola, Apple Computer und IBM –den Hauptkonkurrenten von Intel– entwickelt.

Mit dieser Konstellation ist heute, Mitte der 90er Jahre, die Frage wieder offen, welche Prozessoren und Hersteller in Zukunft die Marktführung einnehmen werden. Alle großen Prozessoren besitzen eine so hohe Rechenleistung, daß jeder der Kandidaten heutige Anforderungen an die Verarbeitungsleistung im Personal-Bereich erfüllen kann. Daher wird die Marktführerschaft wohl eher auf der Softwareseite entschieden werden: wie schnell moderne Betriebssysteme und Softwarepakete auf einer jeweiligen Plattform stabil lauffähig sind und wie weit den Anwendern die Kompatibilität zur Software-Vergangenheit erhalten bleibt.

³CISC: Complex Instruction Set Computer

⁴RISC: Reduced Instruction Set Computer

2 Geschichte der Betriebssysteme

Ein Betriebssystem ist ein Programm, welches einen Rechner verwaltet. Aufgaben von Betriebssystemen sind der interaktiver Dialog mit Anwendern, die Verwaltung von Plattenspeichern, die Ansteuerung von Peripheriegeräten (Drucker, Bildschirm, etc.) und vieles mehr. Erst durch Betriebssysteme ist eine sinnvolle Bedienung von Rechnern möglich

Betriebssysteme werden schon Anfang der 50er Jahre für die damaligen Großcomputer entwickelt. Neben obigen Aufgabe ermöglichen diese, daß Programme mehrerer Benutzer zeitlich verschachtelt ausgeführt werden, so daß jeder Anwender den Eindruck hat, er nutze den Computer allein. Solche Betriebssysteme werden als *multi-user/multi-tasking* Systeme bezeichnet.

Ende der 60er Jahre werden PDP Minicomputer (siehe Seite 3) zur Steuerung von Maschinen und industriellen Anlagen eingesetzt. Der industrielle Einsatz dieser Rechner wird durch Echtzeitbetriebssysteme wie z.B. RSX ermöglicht. Echtzeit bedeutet, daß ein Rechner in festen Zeitabständen bestimmte Programme starten und auf externe Ereignisse innerhalb kurzer Zeit reagieren können muß. Für die VAX-Computer, Nachfolger der PDP-Serie, wird das VMS (Virtual Memory System) Betriebssystem eingeführt, welches die Echtzeit- mit *multi-user/multi-tasking*-Fähigkeiten kombiniert, wovon in der Praxis jedoch meist nur die zweite Fähigkeit angewendet wird.

Bis Ende der 60er Jahre sind Betriebssysteme abhängig von einem Computertyp. Sie sind in Maschinensprache programmiert und damit nicht auf andere Typen übertragbar.

2.1 UNIX: Welche Maschine hätten's denn gerne?

Die Entwicklung von *UNIX* beginnt bei der Firma AT&T in den Bell Laboratorien. Dort schreibt 1969 Kenneth Thompson ein Betriebssystem für PDP-7 Minicomputer in Assemblersprache. In der Folgezeit entwirft Thompson die Sprache "B" zur portablen Betriebssystemimplementierung, die sich an BCPL, einer damals weit verbreiteten höheren Sprache für Systemprogrammierung, anlehnt. Im Jahr 1971 erfolgt eine UNIX Implementierung für PDP-11 Rechner in der Sprache "B". In dieser Zeit stößt Dennis Ritchie als Studienabgänger zu dem Bell Laboratorien und übernimmt die Weiterentwicklung von "B". Er formt daraus innerhalb kürzester Zeit die Hochsprache "C".

In dem Magazin *dialog* [6] findet sich ein Interview mit den UNIX-Entwicklern Thompson und Ritchie, welches ein interessantes Licht auf die Wurzeln des UNIX Betriebssystems wirft. Anbei ein Auszug:

dialog: Als Sie an UNIX arbeiteten — haben Sie da je den Erfolg für möglich gehalten?

Thompson: Ach, woher. Wir sollten zunächst mal mit einer Legende aufräumen — wir arbeiteten nicht an UNIX. Zu Ende der 60er Jahre habe ich das Spiel Space Travel geschrieben auf einem Rechner von General Electric, genauer der GE 645.

Space Travel war im Haus bald so beliebt, daß über Gebühr Maschinenzeit gebunden wurde — wir mußten bald auf eine PDP-7 ausweichen. Der GE-Rechner lief mit dem

Betriebssystem Multics; um das Spiel auch für die PDP-7 schnell genug zu machen, habe ich eine Multics-Version entwickelt, die ich UNIX nannte, da die PDP-7 ein Single-User-Rechner (Einzelplatz-Rechner) war. Als dann die PDP-11 auf den Markt kam, schrieb ich das Spielprogramm in einer neu entwickelten Sprache um, die ich „B“ nannte. Und da kam Dennis ins Spiel.

Ritchie: „B“ war schon bestechend durch das Konzept der strukturierten Programmierung und Assemblersprachen. Ich habe dann „B“ weiter entwickelt, bis „C“ in den Grundzügen festgeschrieben war.

dialog: Das heißt im Klartext, daß UNIX ...

Thompson: ... am Anfang nichts anderes war als ein Spielsystem von zwei Entwicklern, die damals noch frisch von der Universität gekommen waren; Dennis kam von Harvard, ich von Berkeley ...

dialog: ... das heißt also, daß UNIX, so wie es heute den EDV-Markt revolutioniert durch seine Portabilität und das Multi-User-Konzept (Mehrplatz-Benutzer-Konzept), historisch gar nicht angelegt war?

Thompson: Jein. Die Portabilität, auch das Multi-User-Konzept haben wir für die PDP-11 schon angestrebt, aber nicht aus Gründen, die heute den Erfolg von UNIX ausmachen.

dialog: Sie nehmen uns da nicht auf den Arm?

Thompson: Wirklich nicht. So wurde UNIX zunächst entwickelt; andere Versionen lesen sich vielleicht hübscher und entsprechen mehr dem Bild der unermüdlich forschenden Wissenschaftler, sind aber falsch. Die meisten Forschungsergebnisse stellen sich rein zufällig ein.

Im Sommer 1973 wird eine Reimplementierung von UNIX mit der Sprache „C“ im wesentlichen von Ritchie durchgeführt. Damit wird UNIX maschinenunabhängig und kann mit wenigen Adaptionen an unterschiedliche Rechner angepaßt werden.

1975 wird UNIX Version 6 freigegeben und einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Bis 1978 zählt man in den USA ca. 600 UNIX Installationen. Die kommerzielle Vermarktung wird eher zögernd betrieben, auch ist der Preis von 43 000 Dollar ohne Garantie und Wartung kaum geeignet, die Verbreitung zu fördern. Andererseits erhalten Universitäten Lizenzen für eher symbolische Gebühren. Dadurch erfolgt die Weiterentwicklung von UNIX zu großem Anteil an Universitäten.

1979 kommt Version 7 auf den Markt, ein historisches Jahr, da dies nahezu zeitgleich mit der Vorstellung der 16-Bit Mikroprozessoren erfolgt (siehe Seite 5). Für diese Mikros existiert bis dahin noch kein Betriebssystem. Es gibt viele Lizenznehmer (z.B. Microsoft, Onix, Zilog) und es entsteht eine Namensvielfalt der Lizenzprodukte da der Name „UNIX“ laut Lizenzvertrag nicht übernommen werden darf (Venix, Cromix, Xenix, Unidos, Idris, etc.).

Die Vermarktung von UNIX durch AT&T erfolgt erst ab 1984 mit UNIX System V. Vorher durfte AT&T laut Ausschlußvertrag mit dem amerikanischen Gesetzgeber keinerlei Computerprodukte vermarkten.

Mitte der 80er Jahre beginnt UNIX sich als Betriebssystem für Minicomputer und Workstations durchzusetzen. Ein weiterer Entwicklungsschritt ist die Integration der Vernetzung und damit die Einführung des *Network File Systems* (NFS). Damit kann ein Programm auf einem ersten Rechner ablaufen und die Daten liegen auf der Festplatte eines anderen Rechners. Das Betriebssystem verwaltet nun nicht mehr nur den lokalen Rechner, sondern auch den Zugriff auf Ressourcen im Netz. Weiterhin entsteht mit X eine grafische Oberfläche, die der Grafikausstattung moderner Rechner gerecht wird.

Alternativ zu den kommerziellen UNIX Produkten ruft Richard Stallman 1985 das GNU⁵ Projekt und die *Free Software Foundation* (FSF) ins Leben. Ziel der FSF ist die Freiheit der Software. Es werden vorhandene Softwarepakete nachprogrammiert und neue Pakete entwickelt. Alle Pakete können frei weitergegeben werden und sind im Programm-Quelltext verfügbar. Es entstehen zunächst für UNIX der GNU Emacs Texteditor, der GCC C-Compiler und viele andere Pakete, die Programme werden teilweise auch auf andere Betriebssysteme (z.B. VMS, MS-DOS) portiert. Das GNU Projekt ist auf viele Programmierer weltweit gegründet, deren Koordination durch das entstehende weltweite Internet möglich wird.

Für Personal Computer gibt es schon bald einige UNIX Portierungen, die jedoch keine Bedeutung gewinnen. Dies ändert sich als 1991 der Student Linus Benedict Torwald beginnt, die Möglichkeiten des 386-Prozessors in seinem PC zu studieren. Er hat Minix installiert, ein Betriebssystem für Lehrzwecke mit UNIX Version 7 Funktionalität, welches im Quelltext verfügbar ist und keinerlei AT&T Quellen enthält. Nach einem halben Jahr ist ein erstes lauffähiges, kleines Betriebssystem entstanden, welches Linus als Linux Version 0.01 an interessierte Programmierer über das Internet im Quelltext verfügbar macht.

Unterstützt durch vielfältige freie Software aus dem Internet, besonders durch das GNU Projekt, umfaßt die im Januar 1992 fertiggestellte Version 0.12 bereits einen Kommando-Interpreter, Editor, C-Compiler und viele weitere Hilfsprogramme. Die Zahl der Programmierer, Tester und Unterstützer wächst in dieser Zeit so stark an, daß eine Kommunikation per *Email* (siehe Seite 18) für die Koordination nicht mehr ausreicht. Es wird daraufhin im USENET (siehe Seite 13) eine *Newsgroup* (siehe Seite 20) mit Namen `alt.os.linux` eingerichtet. Koordiniert durch die Diskussionen in dieser Gruppe und durch den Datenaustausch per FTP (siehe Seite 20) entsteht innerhalb kurzer Zeit ein ausgewachsenes Betriebssystem mit voller UNIX Funktionalität.

2.2 CP/M: Auch Personals wollen verwaltet sein

Mit den ersten Personal-Computern tauchen an diese Rechner angepaßte Betriebssysteme auf. Sie sind jeweils an einen Prozessortyp angepaßt. Bekannter Vertreter ist das 1973 von Digital Research entwickelte *CP/M*, ein Single-User/Single-Tasking System. Die Funktionalität ist einfach. Es ist auf Rechnern mit 8080 und Z80 Prozessoren lauffähig und dort sehr erfolgreich.

⁵GNU ist die Abkürzung für: *GNU is Not Unix*, mit Betonung auf dem G.

Die CP/M Erweiterungen CP/M-86 und CP/M-68K für die 16-Bit Prozessoren 8086 und 68000 lassen zu lange auf sich warten und gewinnen daher keine große Bedeutung.

2.3 MS-DOS, MS-Windows: Wie konnte das passieren?

Als IBM 1981 den IBM-PC entwickelt (siehe Seite 5), kann die kleine Firma Microsoft den Auftrag gewinnen, das zugehörige Betriebssystem *PC-DOS* zu liefern. Die Firma Microsoft gehört den beiden Programmierern Bill Gates und Paul Allen. Schon in der High-School ist Bill Gates ein Computer Störenfried und zwingt in seiner Heimatstadt Seattle ganze Computernetze in die Knie. Als College-Aussteiger entwickeln beide 1975 die erste lauffähige BASIC Version für den MITS Altair (siehe Seite 5).

Der PC-DOS Vertrag zeigt, wie schlau und gerissen Microsoft agiert. Einerseits erwerben Gates und Allen von ortsansässigen Programmierern die DOS Kernprogramme mit unkündbaren Nutzungsrechten. Andererseits können sie mit IBM einen nichtexklusiven Lizenzvertrag abschließen, der es ihnen erlaubt, auch anderen PC-Herstellern das MS-DOS-Betriebssystem anzubieten. Weiterhin besitzen sie noch eine Verkaufslizenz für einen Interpreter der Programmiersprache BASIC, welche Ende der 70er Jahre besonders im PC-Bereich große Bedeutung besitzt.

Obwohl DOS in seiner Funktionalität sehr einfach ist und nur einen eingeschränkten Ausbau der Rechner erlaubt (z.B. Beschränkung auf 640 kBytes Hauptspeicher), tritt es verbunden mit dem IBM-PC einen Siegeszug an und macht Microsoft zum erfolgreichsten Softwarehaus unserer Zeit. Dieser Erfolg hält bis heute an, auch wenn DOS modernen, leistungsfähigen PCs nicht mehr gerecht wird und deren Funktionalität einschränkt. Bisher sind alle Versuche gescheitert, es als PC-Betriebssystem durch modernere Produkte abzulösen.

In der zweiten Hälfte der 80er Jahre versucht Microsoft mit *Windows* eine grafikorientierte Oberfläche, die bei PCs von Atari oder Apple schon längst zum Standard gehören, auch für IBM-PCs zu etablieren. Erst mit der MS-Windows Version 3.0 gelingt 1990 der Durchbruch. Die Stabilität dieser Benutzeroberfläche läßt zwar noch Wünsche offen, dennoch wenden sich Softwarehäuser dieser Oberfläche zu und entwickeln Programme z.B. zur Textverarbeitung oder zum Erstellen von Grafiken, die für den Anwender einfach und interaktiv bedienbar sind. Mit der MS-Windows Version 3.1, die 1992 eingeführt wird, beginnt deren große Verbreitung auf PC-Rechnern.

3 Die Evolution der Netze

Will man die Geschichte des *Internet* aufzeigen, so muß die Geschichte vieler einzelner Netzwerke betrachtet werden. Das Internet ist kein homogenes Netz sondern eine historisch entstandene Zusammenschaltung unterschiedlicher Rechnernetze mit unterschiedlichen Funktionalitäten. Das Besondere ist, daß diese Zusammenschaltung möglich wurde und Eigenheiten einzelner Netze vor dem Anwender heute weitgehend verborgen sind.

Grundlage dazu sind die Protokolle TCP (Transmission Control Protocol) und IP (Internet Protocol), welche von den im Internet verbundenen Netzen unterstützt werden. Im folgenden wird ein kleiner Einblick in die Geschichte des Internet anhand einiger Netze aufgezeigt, welche dessen Entwicklung entscheidend mitgestalteten.

Voraussetzung zum Aufbau von Netzen ist, daß Rechner Schnittstellen zur Kommunikation besitzen. Solche Schnittstellen werden bald nach der Erfindung der Rechner entwickelt, zunächst um Terminals und Peripheriegeräte (z.B. Drucker) anzuschließen. Bald werden über Schnittstellen jedoch auch Rechner direkt miteinander verbunden und Daten ausgetauscht. Auch Modems werden entwickelt, um die sehr teureren Rechner via Telefonleitung von fernen Orten aus zu nutzen.

Die Geschichte der Rechnernetze beginnt in den 60er Jahren mit der Einführung Paketvermittelnder Kommunikationsverbindungen. Unter Paket-Vermittlung versteht man, daß zu übermittelnde Daten in kleine Pakete zerlegt und diese separat von einem Sender zu einem Zielrechner übertragen werden. Dort werden die Pakete wieder zu vollständigen Dateneinheiten zusammengesetzt. Dieses Vorgehen erlaubt, daß Daten mehrerer Anwender zeitlich verschachtelt (Zeitmultiplex) über eine gemeinsame Leitung übermittelt werden, ohne daß große Datenblöcke die Leitung für längere Zeit blockieren. Auch brauchen bei fehlerhafter Übertragung nicht die vollständigen Datenblöcke neu gesendet werden, sondern der Zielrechner fordert lediglich fehlerhaft übertragene Pakete nochmals an.

3.1 ARPANET: Überleben beim nuklearen Angriff

Die Entwicklung der Rechnernetze wird in den 60er Jahren, der Zeit des kalten Krieges, durch das amerikanische Militär gefördert. Das Militär sucht nach einem Kommunikationssystem, welches nach einem nuklearen Angriff nicht vollständig zusammenbricht, sondern in dem die erhaltenen Kommunikationsknoten selbständig in der Lage sind, ihre Verbindung wieder herzustellen. Dazu wird ein Rechnernetz vorgeschlagen, in dem keine übergeordnete steuernde und verbindende Instanz existiert, sondern wo diese Funktionen lokal in jedem angeschlossenen Rechner vorhanden sind. Die Zerstörung eines Teils zerstört dann nicht die Funktion des gesamten Netzes und im verbleibenden Teilnetz kann die Kommunikation wieder neu aufgebaut werden.

Die Zusammenschaltung gleichberechtigter Rechner zu einem Netzwerk wird als *peer to peer* (Gleicher zu Gleichem) bezeichnet. Dies steht im Gegensatz zum *Master/Slave* bzw. *Client/Server* Prinzip mit Kommunikationspartnern ungleicher Rechte.

Mit den skizzierten Überlegungen beginnt im Oktober 1967 die Entwicklung des ARPANET. Der erste Knoten wird am 1. September 1969 an der *University of California at Los Angeles* (UCLA) installiert. Es folgen kurz danach Knoten am *Stanford Research Institute* (SRI), an der *University of California at Santa Barbara* (UCSB) und an der *University of Utah*. In Utah ist erstmals ein "*remote login*"⁶ möglich.

⁶Unter *remote login* versteht man, daß ein Benutzer an einem lokalen Rechner Tastatur und Bildschirm verwendet aber auf einem entfernten Rechner rechnet. Die Tastendrücke vom Anwender und die Bildschirmausgaben des fernen Programms werden über das Rechnernetz zum entfernten bzw. zum lokalen

Im Oktober 1972 findet in Washington D.C. die *First International Conference on Computer Communications* statt. Bei dieser Tagung wird das ARPANET mit einem Netzwerk aus 40 Rechnern vorgeführt. Teilnehmer der Konferenz diskutieren die Notwendigkeit, allseits anerkannte Protokolle zu definieren, und gründen die *InterNetwork Working Group*. Als Vision für den Aufbau internationaler Netzwerke wird eine größtmögliche Unabhängigkeit und Autonomie lokaler Netze vorgeschlagen, die über standardisierte *Gateways* miteinander verbunden sind.

Mit der Einführung des ARPANET gewinnt, ohne daß die Entwickler dies beabsichtigten, die elektronische Post (electronic mail, *Email*) große Beliebtheit bei den Anwendern. Ein Grund ist, daß der Aufwand zum Schreiben eines elektronischen Textes gering ist im Vergleich zu einem korrekt aufgesetzten Brief. Auch braucht der Empfänger, selbst wenn er älter und in gehobener Position ist, weniger perfekt und förmlich angesprochen werden.

Im Jahr 1983 wird das ARPANET getrennt in ARPANET und MILNET und das zweite in das *Defense Data Net* integriert. 1990 löst das NSFNET das verbleibende ARPANET in seiner Funktion ab.

3.2 Unix-to-Unix Copy: Computer unterhalten sich

Parallel zum ARPANET werden Netze entwickelt, welche auf “electronic mail”-Systemen aufsetzen und diese erweitern. Basis dieser Systeme ist das *Unix-to-Unix Copy* Protokoll (UUCP). Es dient zum automatischen Kopieren von Daten von einem Rechner zu einem anderen. Information über ferne Rechner sind ursprünglich lokal gespeichert und werden erst 1990 durch einen Dienst über Netz verfügbar. Das UUCP Protokoll wird 1976 vom Mike Lesk in den AT&T Bell Laboratorien im Rahmen eines Forschungsprojekts entwickelt. Es wird erstmals 1977 mit UNIX Version 7 ausgeliefert. Auf Basis des UUCP entstehen verschiedene “*store-and-forward*”-Netzwerke, auch bezeichnet als die *Netzwerke des armen Mannnes*. Die Verbindungen dieser Netzwerke weisen geringere Übertragungsraten auf als Verbindungen im ARPANET. Nachrichten werden von Rechner zu Rechner weiterkopiert, bis sie ihre Ziele erreichen. Die im folgenden vorgestellten Netze arbeiten nach diesem Prinzip.

3.3 CSNET: Kommunikation über Grenzen

1979 organisiert Lawrence Landweber ein Meeting mit Vertretern der *Defence Advanced Research Projects Agency* (DARPA), der *National Science Foundation* (NSF) und Computerwissenschaftlern verschiedener Universitäten. Dort wird die Entwicklung eines *Computer Science Research Network* (CSNET) vorgeschlagen. Mit UUCP, Modems und dem vorhandenen Telefonsystem existiert ein Transportmedium für Daten, auf dem die Entwicklung aufsetzen soll. Besonders von Universitäten, die nicht am ARPANET angeschlossen sind, werden durch die Vernetzung Verbesserungen für die Infrastruktur der Forschung und eine höhere Attraktivität als Studienstandort erwartet.

Rechner gesendet. Der Anwender hat damit den Eindruck, direkt am entfernten Rechner zu arbeiten.

Zunächst ist CSNET als lokales Netzwerk geplant, doch bald wird eine Schnittstelle zum ARPANET vorgesehen. Diese Idee wird weiterentwickelt mit dem Ziel, die Kopplung zwischen ARPANET und CSNET für den Anwender *transparent* zu machen, d.h. bei Verwendung von Netzdiensten braucht er nicht zwischen Rechnern beider Netzwerke unterscheiden. Um dies zu erreichen wird das TCP/IP Protokoll entwickelt, das Internet ist “geboren”. Die Implementierung des CSNET erfolgt in der ersten Hälfte der 80er Jahre.

3.4 USENET: Anarchie im Cyberspace

Das Unix User Network (USENET) entsteht in der gleichen Zeit wie das CSNET und basiert ebenfalls auf UUCP. Es dient dem Zweck, Nachrichtenartikel (*News*) zwischen Rechnern auszutauschen und diese weltweit Anwendern verfügbar zu machen. Wie in Abschnitt 4.5 beschrieben, sind die Nachrichten in thematische Gruppen aufgeteilt. Anwender können Artikel schreiben, lesen und beantworten.

Das USENET entsteht im Jahr 1979, als der Student Steve Bellovin an der *University of North Carolina* (UNC) beginnt, UNIX Kommandodateien (shell scripts) zu schreiben, um die UUCP Kommunikation mit der *Duke University* zu vereinfachen und zu automatisieren. Diese Dateien werden in “C”-Programme umgeschrieben und erweitert. Damit ist die A-Version des *news*-Programms verfügbar. 1981 entsteht die B-Version, die in den folgenden Jahren laufend verbessert wird.

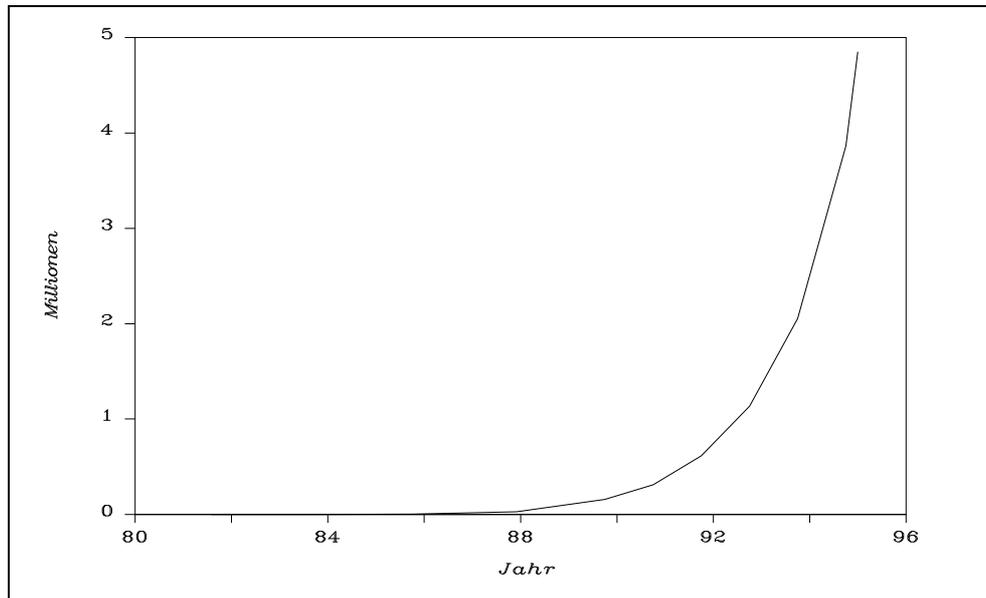
Die *News* sind in Gruppen (*Newsgroups*) zusammengefaßt und zunächst in einer einfachen Liste organisiert, die mit der Einrichtung immer neuer Gruppen eine unüberschaubare Länge annimmt. Im Jahr 1986-87 erfolgt daher eine weitgehende Umstrukturierung im USENET. Es wird die heute bekannte, hierarchische Organisation der *Newsgroups* eingeführt. Nach langen Diskussionen entsteht die Einteilung in die sieben Hauptgruppen: *comp*, *misc*, *news*, *rec*, *sci*, *soc* und *talk*.

Im USENET werden Nachrichten von Rechner zu Rechner weiterkopiert. Dabei bildet sich eine evolutionäre Netzwerkstruktur. Diese evolutionäre Struktur führt zu manchen kuriosen Nachrichtenwegen. In einem Beispiel wird eine Nachricht hin und her über den amerikanischen Kontinent gesendet, um schließlich nach einer Woche den Rechner im Nebenraum zu erreichen [8].

Neben den traditionellen UUCP Verbindungen entstehen im USENET Datenverbindungen über das ARPANET. Dazu wird im TCP/IP ein *Net News Transfer Protocol* (NNTP) vorgesehen und damit das USENET in das Internet integriert.

Die Verteilung der Nachrichten ist hierarchisch organisiert, um die weltweite Verteilung rationell zu organisieren. Dieses *Backbone* (Rückgrad) wird 1983 von Gene Spafford eingerichtet. Wird eine neue *Newsgroup* eingerichtet, muß diese in der hierarchischen *Backbone*-Struktur eingefügt werden.

Mit einer wachsenden Zahl von Anwendern wächst der Druck, im USENET demokratische zu entscheiden. Es werden Regularien festgelegt, wie neue Gruppen eingerichtet werden können. Als jedoch Richard Sexton eine Gruppe *rec.sex* vorschlägt, kurz danach eine Gruppe *rec.drugs* zur Wahl ansteht und beide Gruppen von den Anwendern



Quelle: <ftp://nic.merit.edu/statistics/nsfnet/history.hosts>

Abbildung 1: Entwicklung der Zahl am Internet angeschlossener Rechner.

entsprechend der Regularien gewählt werden, verweigern die Betreiber des *Backbone* die Einrichtung und die Verteilung dieser Gruppen. Diese Weigerung geht als "*backbone cabal*", die Intrige der *Backbone*-Betreiber, in die USENET Geschichte ein. Anwender gründen daraufhin eine neue Hauptgruppe `alt` und richten dort die *Newsgroups* `alt.sex` und `alt.drugs` ein. Die Verteilung der `alt` Gruppen wird unabhängig vom *Backbone* organisiert und etabliert sich im USENET. Diese Revolution der Anwender untermauert die Demokratie (oder Anarchie) im Netz. Trotz der Weigerungen wird Gene Spafford, der "Vater" des *Backbone*, als Autorität im Netz bestätigt und bleibt für das Einrichten neuer Gruppen zuständig.

Ein Phänomen im USENET, die *flame wars* (Flammenkriege), verdient besonderer Erwähnung. Ein Flammenkrieg entzündet sich an einer kontroversen Diskussion in einer *Newsgroup*, die sich langsam hochschaukelt. Anwender, die bisher nur Nachrichten lesen, nie aber zur Diskussion beitragen (*lurkers*), oder Neulinge (*newbies*) im Netz beginnen plötzlich auch in die Diskussion einzugreifen. Ein Flammenkrieg kann tagelang andauern, oder er kann nach kurzer Zeit im Sande verlaufen. In vielen Fällen haben solche Flammenkriege zu einer Meinungsbildung im USENET geführt und dessen Entwicklung bestimmt.

3.5 BITNET, FIDONET: ... noch zwei Netze

Zwei weitere Netzwerke verdienen noch der Erwähnung. Zwei Jahre nach dem USENET wird in North Carolina ein weiteres "store-and-forward"-Netz gegründet, das BITNET.

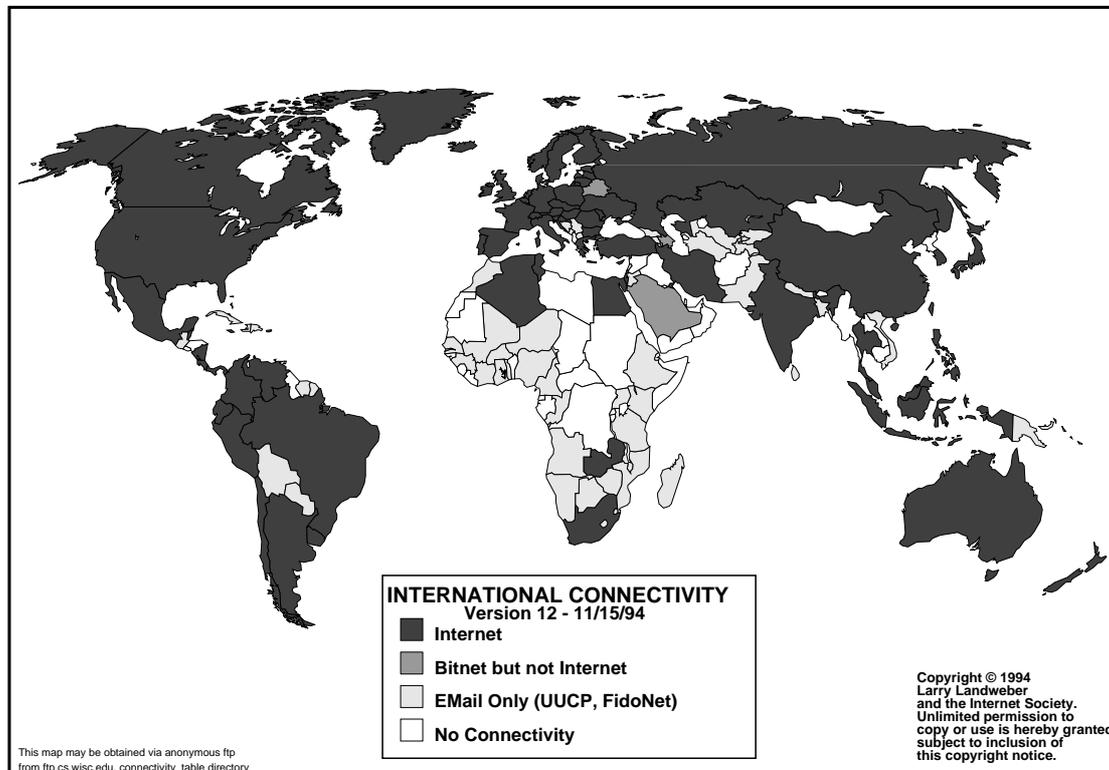


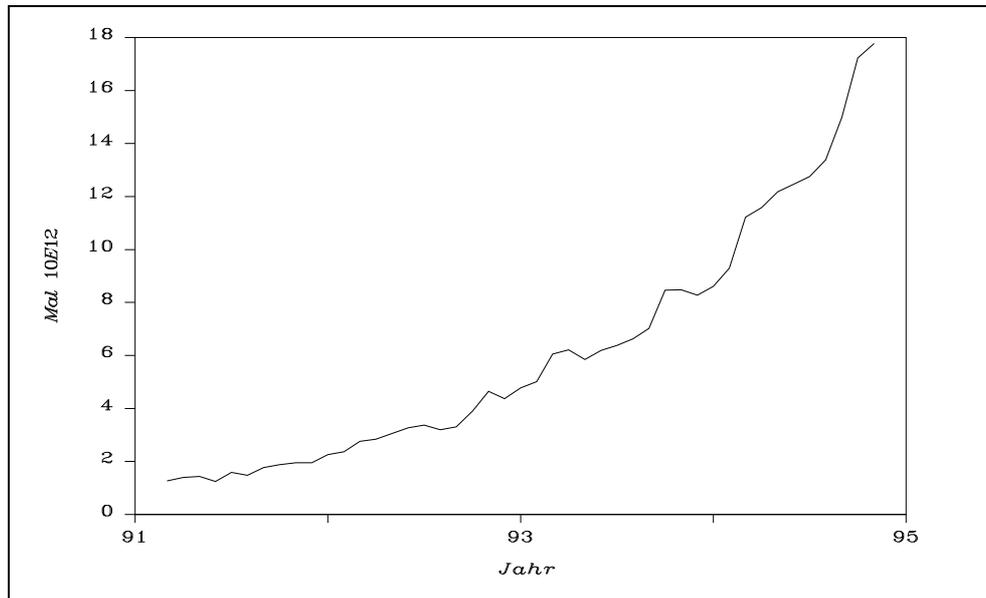
Abbildung 2: Karte der am Internet angeschlossenen Länder

Es weist eine ähnliche Struktur wie das USENET auf, ist jedoch in seinem Betrieb konservativer. Die Entscheidungen laufen nicht so “chaotisch” wie im USENET ab, und *flame wars* werden eher unterdrückt oder in feste Bahnen gelenkt.

Das FIDONET entsteht 1984 als PC-Netz, im Gegensatz zu den bisher vorgestellten Netzwerken, deren Historie eher Workstation- und UNIX-basiert verläuft. In seiner Entwicklung ist das FIDONET dem USENET vergleichbar. Bei Diskussionen um die Demokratie im Netz, ähnlich dem *backbone cabal* im USENET, spaltet es sich jedoch in kleinere Netze auf. Im Jahr 1987 wird die UUCP Software für MS-DOS Rechner verfügbar. Damit entstehen Verbindungen vom FIDONET an das USENET und somit an das Internet.

3.6 1995: Internet today

Heute im Jahr 1995 steht das Internet am Anfang einer neuen Entwicklung. Viele kommerziellen Anbieter entdecken das Potential, welches in diesem Kommunikationsnetzwerk steckt. Schlagworte wie *Datenautobahn* und *Multimedia* bestimmen die Überschriften der Zeitungen und Magazine für die *Informationsgesellschaft*.



Quelle: <ftp://nic.merit.edu/statistics/nsfnet/history.bytes>

Abbildung 3: Übertragene Datenbytes im Internet.

Die Abbildung 1 zeigt, wie die Anzahl der am Internet angeschlossenen Rechner in den letzten 14 Jahren angewachsen ist. Abbildung 2 zeigt, von welchen Ländern der Welt aus ein Zugang in das Internet möglich ist. Immer noch stellt die USA den Vorreiter der Netze. Anbei eine Rangliste nach Ländern der angeschlossenen Rechner:

Anzahl	Kürzel	Land
1316966	.com	USA, Firmen
1133502	.edu	USA, Universitäten
241191	.uk	England
209345	.gov	USA, Regierungseinrichtungen
207717	.de	Deutschland
186722	.ca	Kanada
175961	.mil	USA, Militär
161166	.au	Australien

Quelle: <ftp://nic.merit.edu/statistics/nsfnet/history.hosts>

Abbildung 3 zeigt eine Statistik der übertragenen Bytes im NSFNET, dem Nachfolger des ARPANET und Hauptverteiler im Internet. Die Datenerfassung endet im November 1994, da im NSF-Netz eine neue Architektur in Betrieb genommen wird, in der keine vergleichbare Statistik erfaßt werden kann.

4 Internet Organisation und ausgewählte Dienste

4.1 Namen, Nummern und Adressen

Im Internet sind alle Rechner mit einer eindeutigen Adresse versehen, welche als *Internet Nummer* oder *IP Adresse* bezeichnet wird. Diese Adresse ist eine 32-Bit Zahl, die durch vier mit Punkten verbundene Zahlen (Wertebereich 0 bis 255) dargestellt wird: z.B. 147.31.254.130. Die ersten zwei oder drei Zahlen bezeichnen ein Netzwerk, die verbleibenden ein oder zwei Zahlen nummerieren einen Rechner im lokalen Netzwerk. Mit dieser Adressierung können bis zu 4 294 967 296 (ca. 4,29 Milliarden) Rechner unterschieden werden.

Um den Zugriff für den Anwender zu vereinfachen, werden Rechner alternativ mit einem Namen bezeichnet. So bezeichnet z.B. der Name `www.tu-harburg.de` einen Rechner in Hamburg. Aufgrund des Namens kann man einen Rechner schon annähernd lokalisieren. Der hintere Namensteil `.de` steht für Deutschland. Entsprechende Endungen sind z.B. `.fr` für Frankreich und `.uk` für England. In den USA gibt es mehrere Endungen, z.B. `.edu` (*education*) für Rechner in Schulen und Universitäten, `.com` (*company*) für Firmen und `.mil` für militärisch genutzte Rechner. Von rechts nach links spezifizieren die Namensteile einen Rechner immer genauer, indem sie seinen Bereich (*domain*) eingrenzen. Obiger Name bezeichnet z.B. einen Rechner in Deutschland (`.de`) an der TU Hamburg-Harburg (`.tu-harburg`), der dort als Einstiegsrechner für das *World Wide Web* (`www`) dient. Der vollständige Name eines Rechners wird als *voll qualifizierter Bereichsname* (Full Qualified Domain Name, FQDN) bezeichnet.

Jedem FQDN ist eine eindeutige Internet Nummer zugeordnet.⁷ Obiger Rechner der TU Hamburg-Harburg hat beispielsweise die Nummer `134.28.200.21`.

Auf einem Rechner mit Netzanschluß kann weiterhin ein Benutzer ausgewählt werden. Ist beispielsweise ein Anwender auf dem Rechner `banane.tu-harburg.de` mit dem Benutzernamen `Lang` bekannt, so kann er weltweit über die Adresse `Lang@banane.tu-harburg.de` erreicht werden.

Die Zuordnung zwischen FQDNs und IP Adressen braucht der Anwender nicht herstellen, diese wird im Internet selbständig durchgeführt. Der lokale Rechner hat einige wenige (meist häufig verwendete) Zuordnungen gespeichert. Ist auf dem lokalen Rechner ein Name nicht bekannt, so wird eine Anfrage an einen besonderen Rechner des lokalen Bereichs gesendet, der für diese Aufgabe eingerichtet ist und eine größere Anzahl von Namen gespeichert hat. Dieser Rechner wird im Englischen als *“name server”* bezeichnet. Kann dieser Rechner die Zuordnung nicht auflösen, sendet er die Anfrage weiter an andere *“name server”* bis eine Auflösung erfolgt oder nach Ablauf eines sinnvollen Zeitintervalls die Suche abgebrochen wird.

⁷Umgekehrt gilt dies nicht. Ein Rechner kann mehrere Namen besitzen. Obiger Rechner `www.tu-harburg.de` besitzt z.B. auch den Namen `hp04.rz.tu-harburg.de`.

4.2 Das Rückgrad

Gemeinsame Basis aller Kommunikationen in Internet ist, wie in Abschnitt 3 ausgeführt, das TCP/IP Protokoll. Dieses Protokoll wird auf unterschiedliche physikalische Verbindungen abgebildet. Kommunizierende Rechner sehen nur das TCP/IP Protokoll, und Programme mit Netzdiensten brauchen die Vielfalt physikalischer Verbindungen im Kommunikationspfad nicht berücksichtigen.

Lokale Rechnernetze auf Abteilungs- oder Institutsebene sind meist über *Ethernet* Verbindungen realisiert. Ethernet erlaubt ca. 30-50 Rechner direkt zusammenzuschalten und stellt eine Bandbreite in der Größenordnung 1 MByte/sec für die Kommunikation zur Verfügung.

Zur Breitbandkopplung lokaler Netzwerke dienen Glasfaserverbindungen. Sie werden z.B. eingesetzt, um Abteilungen einer Firma oder Institute in einer Universität mit hoher Datenrate zu verbinden. Auch werden Verbindungen zwischen Gebäuden häufig mit Glasfaser realisiert.

Für weite Verbindungen wird vielfach das herkömmliche Telefonnetz verwendet. Modems mit einer Datenrate von 14400 und 28800 Baud⁸ sind heute Stand der Technik. Bei 14400 Baud können bis ca. 1650 Bytes/sec, bei 28000 Baud entsprechend 3300 Bytes/sec übertragen werden. Bei digitalem 64 kBit ISDN Anschluß steigt die Übertragungsrate auf ca. 7800 Bytes/sec. Um TCP/IP auf seriellen Leitungen zu betreiben, müssen die Rechner an beiden Seiten der Verbindung ein serielles Protokoll realisieren. Zwei serielle Protokolle sind heute gebräuchlich. Das *Serial Line Interface Protocol* (SLIP) ist seit einigen Jahren im Einsatz. Es wird zur Zeit vom neuen *Point to Point Protocol* (PPP) abgelöst.

Zur Verbindung zwischen Städten und Ländern dienen öffentliche Breitbandleitungen. Deren Ausbau und damit die Schaffung von *Datenautobahnen* ist heute ein viel diskutiertes Thema. In diesem Zusammenhang wird häufig die Abkürzung *ATM* verwendet. Diese Abkürzung steht für *Asynchroner Transfer Modus* und bezeichnet die Art und Weise, wie auf unterster Ebene Bits und Bytes über neue, digitale Breitbandverbindungen übertragen werden. Bei Internet-Kommunikationen über ATM-Verbindungen wird das TCP/IP Protokoll in das ATM Protokoll eingebunden, und somit bleiben, wie schon ausgeführt, die physikalischen Eigenheiten der Verbindung vor den Internet-Dienstprogrammen verborgen.

4.3 Email: die elektronische Post

Die elektronische Post (*Email*) ist der erste traditionelle Netzdienst. Er ist aus dem Wunsch der Menschen erwachsen, schnell und einfach miteinander zu kommunizieren. Im Gegensatz zum herkömmlichen Brief werden bei der *Email*-Kommunikation elektronische Dokumente übertragen, die vom Empfänger elektronisch weiterverarbeitet werden können. Damit ist erstmals eine enge Zusammenarbeit geographisch weit entfernter Partnern möglich.

⁸BAUD: Maßeinheit für Übertragungsrate. Einheit: Bits/sec.

Zum Versenden elektronischer Post, im folgenden als “*Mailing*” bezeichnet, wird ein Programm auf dem lokalen Computer verwendet. Das älteste Programm für diese Aufgabe ist das `mail` Programm. Es bedarf einer für heutige Anwender eher kryptischen Bedienung. Eine Verbesserung stellt das Programm `elm` mit interaktiver Bedienung dar. Für moderne Rechner mit grafischer Oberfläche gibt es weitere, bedienerfreundliche *Mailing*-Programme.

Alle *Mailing*-Programme dienen zwei wesentlichen Aufgaben: dem Senden und dem Empfangen von Nachrichten (*Mails*). Beim Aufruf werden die Überschriften alle *Mails* präsentiert, die seit dem letzten Programmaufruf auf dem lokalen Rechner eingetroffen sind. Diese Nachrichten können in Dateien gespeichert (*save*), beantwortet (*reply*) oder auch an andere Personen weitergesendet werden (*forward*). Weiterhin könne neue Nachrichten mit einem Editorprogramm geschrieben und ins Netz gesendet werden (*send*).

Zum Versenden, Beantworten oder Weitersenden von *Mails* muß dem Nachrichtentext im *Mailing*-Programm eine Benutzeradresse, wie auf Seite 17 beschrieben, zugeordnet werden. Üblicherweise wird eine *Mail* mit einer Überschrift (*subject*) versehen, die dem Empfänger beim Eintreffen der *Mail* präsentiert wird. Dann wird die *Mail* “abgesandt”, d.h. vom *Mailing*-Programm der Netzwerksoftware des Rechner übergeben, welche die Adresse auswertet und an einen geeigneten benachbarten Rechner weiterreicht. Dieser reicht die Nachricht ebenfalls entsprechend der Adresse an einen weiteren Rechner weiter etc., bis die Nachricht (hoffentlich) ihren Empfänger erreicht.

Eintreffende *Mails* werden vom Rechner im elektronischen “Briefkasten” (*mailbox*) des Benutzers gespeichert. Wenn der Benutzer das *Mailing*-Programm aufruft, wird ihm der Inhalt dieses Briefkastens präsentiert.

Zum Verschönern der *Emails* und zum Ausdrücken von Gefühlen, haben sich eine Anzahl von *Smileys* gebildet, die aus einfachen Buchstaben bestehen. An passender Stelle lassen sie sich im Text einstreuen. Anbei eine kleine Auswahl, die einer mehrseitigen Liste in [3] entnommen sind:

: -)	Basis-Smiley: Benutzer grinst.
; -)	Benutzer blinzelt.
: - (Benutzer blickt finster, runzelt die Stirn.
(- :	Benutzer ist Linkshänder
: - {	Benutzer hat einen Schnurrbart

Schon immer besteht der Wunsch, nicht nur reine Texte sondern auch Grafiken und Dateien in *Mails* zu versenden. Bei älteren *Mail*-Programmen müssen solche Daten manuell kodieren und manuell in die Mail eingebunden werden. Der Empfänger extrahiert die Daten auf dem umgekehrt manuellen Weg. Seit einiger Zeit werden für die Einbindung vom Multimediateil (Grafik, Programme, Videosequenzen, ...) in *Mails* Standards entwickelt, die sowohl das Einfügen beim Sender als auch das Auswerten beim Empfänger automatisieren. Realisieren die Mail-Programme beim Sender und auch beim Empfänger gleichartig solch einen Standard, wird die Übertragung multimedialer *Mails* für die Benutzer einfach. Als Stichwort ohne weitere Erläuterung sei hier der MIME Standard genannt.

4.4 FTP: Datenschopping

Die Abkürzung FTP steht für *File Transfer Protocoll*, womit die Übertragung von Dateien zwischen entfernten Rechnern definiert wird. Die Abkürzung `ftp` bezeichnet auch Programme, welche das FTP Protokoll nutzen. Mit einem `ftp`-Programm können Anwender von einem lokalen Rechner aus Dateien von fernem Rechner holen oder auf fernem Rechnern ablegen. Dazu startet der Benutzer sein lokales `ftp`-Programm und gibt den Namen des fernem Rechners ein (*connect*). Voraussetzung für den Zugriff auf dem fremden Rechner ist natürlich, daß er dort Zugriffsrechte besitzt. Es werden vor jedem Zugriff ein Benutzername und Password, welche auf dem fernem Rechner gültig sein müssen, abgefragt. Dann kann der Transfer von Daten vom fernem zum lokalen Rechner (*upload*) oder umgekehrt (*download*) beginnen.

Üblicherweise besitzt ein Benutzer nur Zugriffsrechte auf wenigen fernem Rechnern. Häufig erlauben Rechner jedoch einen anonymen Zugriff der das Tor für eine riesige Datenflut öffnet. Beim anonymen Zugriff gibt der Benutzer bei Abfrage des Benutzernamens durch den fernem Rechner den Namen `anonymous` oder `ftp` ein. Ist beim fernem Rechner ein anonymer Zugriff erlaubt, quittiert er dies mit einer Nachricht auf dem Bildschirm und fragt nach der Benutzeradresse (*Email-Adresse*, Seite 17), mit der sich der anonyme Benutzer identifiziert.

Nun ist der Zugriff auf einen eingeschränkten Datenbereich des fernem Rechners, der als FTP Server bezeichnet wird, möglich. Dessen Inhaltsverzeichnis läßt sich abfragen (*dir*), man kann in Unterverzeichnisse wechseln (*cd*), Daten holen (*get*) und in bestimmten Unterverzeichnisse (häufig mit dem Namen `incoming`) auch Daten ablegen (*put*) und schließlich die FTP-Sitzung wieder beenden (*quit*).

Manche Universitäten unterhalten anonyme FTP Server mit riesengroßen Datenbeständen. Mein Tip ist ein "Besuch" bei `ftp.uni-stuttgart.de` oder bei `OAK.Oakland.Edu`. Obwohl diese Server eine übersichtliche Verzeichnisstruktur besitzen, ist die Suche nach einem speziellen Programm oft sehr langwierig. Unterstützung bietet hierbei das `archie` Programm, welches die Suche nach einem Dateinamen (selbst wenn nur ein Fragment bekannt ist) erlaubt. Es listet bei Sucherfolg ferne Rechner samt zugehörigen Verzeichnissen, wo die gefundenen Dateien dann per FTP geholt werden können.

4.5 News: Neuste Neuigkeiten, Fragen und Gerüchte

Die *USENET News* sind die Nachrichtenbörse im Internet. Die Entwicklung des USENET wird in Abschnitt 3.4 aufgezeigt. Es ist als Netzwerk individuell und unabhängig betriebener Rechnern entstanden, die laufend Nachrichtenartikel austauschen, um sie jedermann im USENET zugänglich zu machen. Die Nachrichten sind thematische in Gruppen geordnet, welche als "*newsgroup*" bezeichnet werden. Jede `newsgroup` ist durch einen oder mehrere Namen eindeutig bezeichnet. Jeder einzelne Systemadministrator entscheidet, welche Gruppen er empfangen, speichern und weitergeben will. Damit werden die Eigenschaften dieses Nachrichtennetzes durch die Betreiber der angeschlossenen Rechner bestimmt.

Die Nachrichtengruppen sind in hierarchisch in einer Baumstruktur organisiert. Es gibt weltweit sieben offizielle Hauptkategorien:

- comp** für alle Nachrichtengruppen, die Computer betreffen.
- misc** für Gruppen, die sich sonst nirgendwo einordnen lassen.
- sci** für Gruppen zu Forschung und Anwendungen in den etablierten Wissenschaften.
- soc** für soziale Anliegen und Diskussionen in Bezug zu den vielen verschiedenen Kulturen in der Welt.
- talk** für längere Debatten ohne den Anspruch, Lösungen oder sinnvolle Informationen zu liefern.
- news** für Gruppen, die die Organisation und Verwaltung des *News* Systems selber betreffen.
- rec** für Gruppen über Hobbies und Freizeitaktivitäten.

Weitere alternative Hauptkategorien existieren lokal und weltweit. Der Name einer Gruppe besteht aus mehreren, durch Punkt getrennten Teilen und beginnt links mit einer Hauptkategorie. Nach rechts hin wird die Gruppe immer genauer beschrieben. Einige Namen aus unterschiedlichen Kategorien veranschaulichen dieses Schema und geben einen kleinen Eindruck der Vielfalt: `comp.lang.misc`, `comp.laser-printers`, `comp.multimedia`, `talk.politics.china`, `rec.bicycles.misc`, `rec.travel`, `rec.arts.comics.info`, `rec.games.backgammon`.

Viele der Gruppen sind unmoderiert, wenn ein Benutzer einen Artikel für solche Gruppen schreibt, dann wird der Artikel weltweit auf allen Rechnern verfügbar, die diese Gruppe abonniert haben. Soll eine Diskussion jedoch auf ein Themengebiet fokussiert werden, kann eine moderierte Gruppe gegründet werden, wo ein Moderator alle Beiträge zunächst empfängt und relevante Beiträge für die weltweite Verteilung auswählt.

Zum Lesen von *News* existieren "Newsreader"-Programme. Ein Benutzer abonniert mit seinem *Newsreader* eine Anzahl von Gruppen. Beim Start des Programmes werden ihm die Überschriften der neusten Artikel, die zu seinen abonnierten Gruppen eingetroffen sind, präsentiert. Er kann die Artikel selektiv lesen (*read*) oder verwerfen (*catchup*). Hat er eine Anmerkung zu einem Artikel, schreibt er eine Antwort und sendet diese zurück ins Netz (*reply*). Hat er das Bedürfnis einen neuen Artikel zu schreiben und zu versenden (*post*), wird ihm auch dies vom *Newsreader* ermöglicht. Traditionelle *Newsreader* sind `rn`, `nn` und das grafikorientierte `xrn` Programm.

Beginnt ein Anfänger *News* zu lesen, so entstehen bei ihm meist viele Fragen, die für alte Hasen der Gruppe schon längst kalter Kaffee sind. Um keine alten, immer wiederkehrenden Fragen zu stellen, sollte er sich eine FAQ-Liste besorgen. FAQ steht für *Frequently Asked Questions* (Häufig gestellte Fragen). Eine solche Liste faßt elementare Fragen eines Themengebietes zusammen und versucht, instruktive und kurze Antworten zu geben. Weiterhin finden sich Verweise auf weitere Informationen zum Thema. Mit diesem Wissen gerüstet findet sich der Anfänger schnell in die Gruppe ein und versteht Internas und Abkürzungen. Er kann gezielt seine verbleibenden Fragen stellen und sein Wissen in die Diskussion einbringen.

FAQs findet man, wo auch sonst, in einer *Newsgroup* mit dem Namen `news.answers`. Weiterhin gibt es mehrere FTP Server, die FAQs nach *Newsgroups* geordnet für anonyme FTP Benutzer (siehe Seite 20) zugänglich machen. In Deutschland sind z.B. auf dem Rechner `ftp.uni-paderborn.de` im Verzeichnis `/pub/FAQ/` diese FAQs verfügbar.

4.6 Telnet: Reise auf ferne Rechner

Telnet ist der Netzdienst im Internet, mit dessen Hilfe direkte Verbindungen zu fernen Rechnern aufgebaut werden. Ein Benutzer kann so an einem ersten Rechner sitzen und auf einem anderen Rechner arbeiten, der vielleicht sogar auf der anderen Seite der Welt steht. Um die Verbindung herzustellen, braucht der Benutzer nur das Telnet-Programm mit Angabe des FQDN oder der IP-Adresse (siehe Seite 17) des fernen Rechners zu starten. Dann wird die Verbindung selbständig aufgebaut und nach kurzer oder längerer Zeit erscheint die Startmeldung des fernen Rechners. Der lokale Rechner dient so als Terminal des fernen Rechners.

Es haben wohl nur wenige Nutzer direkte Zugriffsrechte auf ferne Rechner irgendwo auf der Welt. Über Telnet können jedoch auch Informationssysteme erreicht werden, die jedermann nach Aufbau einer Verbindung nutzen kann. Beispiele sind Bibliothekskataloge, Inhaltsverzeichnisse (z.B. Listen von *Email*-Adressen, wissenschaftlichen Publikationen, Forschungsergebnisse), Datenbanken und vieles mehr. Näheres findet man in [2].

4.7 WWW: Internet total

Selbst für einen fortgeschrittenen Benutzer kann es mit den bisher beschriebenen Diensten und Programmen schwierig sein, sich durch das Netz zu bewegen. Er muß immer die richtigen Namen, Adressen, Befehle und Verzeichnisnamen im Kopf haben. Mag dies für einen Hacker noch eine Herausforderung sein, so ist dies für den in Computerfragen unbedarften Benutzer eine undurchschaubarer Dschungel. Läßt er sich trotzdem auf dieses Abenteuer ein, sieht er meist nur einen kleinen Ausschnitt dieser Datenwelt.

Andererseits enthält das Netz eine unüberschaubare Menge wertvoller und häufig frei verfügbarer Informationen. Aus diesem Grund begannen Leute Programme zu entwickeln, die wesentlich einfacher Informationen und Dateien finden und auf diese zugreifen können.

An der Universität von Minnesota wurde das System *Gopher* entwickelt, welches dem Benutzer eine Informationsseite präsentiert, die es erlaubt, interaktiv auf weitere Informationsseiten zu verzweigen. Es integriert den weiterhin den FTP Zugriff auf ferne Daten, ein Dateitransfer wird durch einfaches Selektieren eingeleitet. Der Anwender braucht also keine kryptischen Befehle, Rechnernamen etc. mehr tippen, sondern er bewegt sich im sogenannten *Gopherspace*. Gopher ist ein textbasiertes System.

Eine Weiterentwicklung des interaktiven Netzzugangs, welche der grafischen Ausstattung heutiger Rechner gerecht wird und die Bedienung der Netze auch für ungeübte Anwender einfach macht, sind *World-Wide Web*⁹-Programme (WWW). Diese ermöglichen die kom-

⁹World Wide Web: engl. Weltweites Netz

binerte Darstellung von Texten und Grafiken und integrieren einen einfachen Zugriff auf Sound-, Video- und weitere Multimediadaten.

Die Geschichte des WWW beginnt im Jahr 1989 als Tim Berners-Lee im europäischen CERN Labor ein Projekt vorschlägt, mit dem Forschungsideen und -ergebnisse innerhalb des CERN effektiver zugänglich gemacht werden sollen. Effektive Kommunikation ist schon lange ein Forschungsziel bei CERN, da Einrichtungen des Labors über mehrere europäische Länder verstreut sind. Zunächst ist es als einfaches System konzipiert, und die Einbindung vom Multimedia ist nicht vorgesehen. 1990 ist die erste Web-Software lauffähig und wird innerhalb CERN vorgestellt. Es folgt die Vorstellung auf der *Hypertext '91* Konferenz. 1992 publiziert Tim Berners-Lee die WWW-Idee in größerem Umfang, und erste Entwickler beginnen, WWW-Software zu erstellen.

Grundlage des WWW sind *Hypertext* und *Uniform Resource Locators* (URL). Hypertext ist eine Programmiersprache für Texte. Die Sprache beinhaltet dem Befehl `<img...>`,¹⁰ mit dem Grafikdateien referenziert werden können. Weiterhin existiert ein Anker Befehl, der gewünschte Textbereiche mit `<a...>` und `` einschließt und mit einem Verweis (*Link*) auf eine Datei versieht. Eine Referenz bzw. ein Verweis kann auf eine lokale Datei oder über einen URL (siehe unten) auf eine Datei auf einem anderen Rechner zeigen.

Ein WWW-Leseprogramm (*WWW-Reader*, *WWW-Browser*) interpretiert Hypertext-Daten. Stößt das Programm auf einen `<img...>` Befehl, liest es die referenzierte Grafikdatei und bindet diese in den Text ein. Findet es einen Anker Befehl, so wird der zwischen `<a...>` und `` eingeschlossene Text markiert dargestellt (z.B. in einer anderen Farbe oder unterstrichen). Ein markierter Textteil kann vom Benutzer mit der Maus angeklickt werden, woraufhin das WWW-Programm die im Anker angegebene Datei vom lokalen Rechner oder, im Falle eines URL, vom entfernten Rechner lädt.

Enthält auch die neue Datei Hypertext, wird dieser wieder interpretiert und der Anwender kann über dort vorhandene Anker weiterverzweigen. Enthält eine Datei hingegen Sound- oder Videodaten, ruft das WWW-Programm ein Sound- oder Video-Programm auf, welches diese Daten vorspielt. Solche vom WWW-Programm aufrufbaren Programme werden als *Helper-Applikationen* bezeichnet.

Interessant wird das WWW besonders durch die Einbindung von URLs in Hypertext. Ein URL ist die eindeutige Bezeichnung eines Dokuments im Internet. Beispiele sind:

`http://info.cern.ch/hypertext/DataSources/News/Groups/Overview.html:`

Ein Hypertext-Dokument (`http:`) auf dem Rechner `info.cern.ch` im Verzeichnis `/hypertext/DataSources/News/Groups/` mit Namen `Overview.html` (Das Dokument gibt eine Übersicht der in Abschnitt 4.5 auf Seite 20) beschriebenen *News-groups*).

`gopher://nic.merit.edu:7043/0/introducing.the.internet/intro.to.ip:`

Ein Gopher-Dokument auf dem Rechner `nic.merit.edu`. Dort findet man im Verzeichnis `/0/introducing.the.internet/` eine Datei mit Namen `intro.to.ip` (Die Datei enthält eine Einführung in das Internet).

¹⁰Die drei Punkte sollen andeuten, daß der Befehl durch Angabe von Parametern noch genauer spezifiziert werden muß. Hier wird der Dateiname oder der URL angegeben.

`ftp://alice.fmi.uni-passau.de/pub/text/bibel/`:

Das Verzeichnis `/pub/text/bibel/` auf dem Rechner `alice.fmi.uni-passau.de`, welches über anonymes FTP erreicht werden kann.

Das WWW stellt somit nicht nur Hypertext mit Zugriff auf Multimediadaten zur Verfügung, sondern integriert auch traditionelle Internet-Dienste. Unterstützt ein WWW-Leseprogramm diese traditionellen Dienste, so dient es auch z.B. als komfortables FTP- und News-Programm. Durch die grafikorientierte, interaktive Bedienung wird so die Benutzung der traditionellen Dienste einfacher. Auch wird auf diese Weise die Vielfalt der traditionellen Dienste in das WWW integriert.

Zahlreiche Vielfalt von *WWW-Reader* sind verfügbar. Hier sollen nur zwei Programme angesprochen werden, welche für Privatanwender frei erhältlich und an unterschiedliche Rechner angepaßt sind. Bekanntester WWW-Reader ist das *Mosaic*-Programm¹¹. Noch komfortabler in der Bedienung ist das *Netscape* [9]-Programm, insbesondere die Unterstützung als *Newsreader* ist sehr gut gelungen.

Beim Thema WWW bleibt am Ende die Empfehlung, sich eine Verbindung ins Netz zu besorgen und die Reise durch die Hypertexte zu beginnen. Steht die Verbindung und ist das WWW-Programm installiert, erklärt sich das Netz beim Ausprobieren viel besser als durch viele Worte.

Literatur

- [1] Jeffrey S. Young: *Steve Jobs, Der Henry Ford der Computerindustrie*. GFA Systemtechnik GmbH, Düsseldorf, 1989.
- [2] Brendan P. Kehoe: *Zen and the Art of the Internet: A Beginner's Guide to the Internet 2nd ed.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. Erste Version über Netz erhältlich: `ftp://ftp.eff.org/pub/Publications/Net_guidebooks/Zen_and_Internet`,
- [3] Adam Gaffin und Jörg Heitkötter: *EFF's (Extended) Guide to the Internet: A round trip through Global Networks, life in Cyberspace and Everything...* Texinfo Edition 2.3, September 1994.
`ftp://ftp.eff.org/pub/Publications/`, dort weitersuchen.
- [4] Kevin Hughes: *Entering the World-Wide Web: A Guide to Cyberspace*. Enterprise Integration Technologies, Mai 1994.
`http://www.eit.com`
- [5] J. Anton Illik: *Von nix zu UNIX oder Geschichte der Betriebssysteme, Teil 3*. Computer Magazin, No. 12, Seite 49–50, 1986.
- [6] *Das Betriebssystem UNIX: Brückenschlag*. In: *dialog*, Magazin der Nixdorf Computer AG, Nr. 1, Seite 34–43, 1987.

¹¹Weitere Infos bei `http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic/NCSAMosaicHome.html`

- [7] Sebastian Hetze, Dirk Hohndel, Martin Müller, Olaf Kirch u.a.: *Linux Anwenderhandbuch und Leitfaden für die Systemverwaltung*. 3. erweiterte und aktualisierte Auflage, LunetIX Softfair, 1994. (Erhältlich als Datei über FTP.)
- [8] Henry Edward Hardy: *The History of the Net*. Master's Thesis, School of Communications, Grand Valley State University, 1993.
`ftp://umcc.umich.edu/pub/users/seraphim/doc/nethist8.txt`
- [9] *The Online Handbook*. Netscape Communications Corporation, Mountain View, California, Februar 1995.
`http://home.mcom.com/home/online-manual.html`