

4 Die Vorgeschichte: Institutionelle Grundlegungen in technischen und sozialen Netzwerken: Das Internet der Wissenschaftler

Dieses Kapitel stellt die Entstehung und Entwicklung des Internet dar, wobei das Augenmerk auf grundlegende technische Entscheidungen und soziale Prozesse gelegt wird, die als Vorbedingung für die Herausbildung der globalen Governancestruktur des Netzes aufzufassen sind. Die technische und soziale Entwicklung vom ARPANET bis zum NSFNET zeigt das Internet in der Phase als öffentlich gefördertes Forschungsprojekt. In dieser Phase entstand die Internet community, die Gemeinschaft der Internet-Entwickler und -Anwender, und es bildeten sich die Institutionen der Selbststeuerung des Internet durch die Wissenschaft.

4.1 Institutionen-Geburt: Die Koordination des ARPANET

Die Keimzelle des Internet war das ARPANET, obwohl es ein einzelnes Netz und demnach kein „Inter-net“ war. Nach einigen Jahren Vorarbeit wurden 1969 die ersten vier Knoten des ARPANET in Betrieb genommen. Das ARPANET wuchs zunächst langsam, Anfang der 70er Jahre waren etwa 20 Computer an das Netz angeschlossen. Der Koordinationsaufwand für den Netzbetrieb und die Weiterentwicklung des Netzes war gering. Das Netz war überschaubar: einer der Verantwortlichen für die Software der Netzknoten konnte von sich sagen, daß er alle Nummern und Namen der Computer, die am Netz waren, auswendig wußte. Zu diesem Zeitpunkt bestand das ARPANET aus fast 50 Knoten (Hafner/Lyon 1996: 196). Verbunden mit dem Aufbau des ARPANET und entscheidend für den weiteren Verlauf der Netzkoordination war, daß sich durch das Vernetzungsprojekt der amerikanischen Regierung eine Forschergemeinde um die innovative Technik der Paketvermittlung herausbildete. Dieses soziale Netzwerk bestand hauptsächlich aus Computerwissenschaftlern, Mathematikern und Physikern, und sie war nicht auf die USA begrenzt.

Digitale Computernetze und die Paketvermittlungstechnik waren völlig neue Felder, an denen die Telefongesellschaften lange Zeit kein Interesse zeigten und auf denen es praktisch keine Industrieforschung gab. Computer waren teure Großrechner, Solitäre mit einer Peripherie von Ein- und Ausgabegeräten, aber nicht dazu gedacht, mit anderen Großrechnern

Daten auszutauschen. Die Computerhersteller hatten keine Produkte im Angebot, mit denen ihre Rechner kommunizieren konnten. Schon gar nicht konnten Rechner verschiedener Hersteller kommunizieren. Für die ARPANET-Community war es eine große Aufgabe, den Rechnern überhaupt das Kommunizieren beizubringen und Computer verschiedener Hersteller zu vernetzen. Die Art und Weise, wie die Beteiligten am ARPANET die Aufgaben lösten, hat die Computervernetzung bis in die Gegenwart geprägt. *Institution building* und *community building* im ARPANET legten die Fundamente für die technische und soziale Entwicklung, die die Geschichte des Internet stark beeinflusst hat.

Wer waren nun die Beteiligten am Aufbau des ARPANET? An erster Stelle die Advanced Research Projects Agency (ARPA)⁸³ des amerikanischen Verteidigungsministeriums, die über ihr Information Processing Techniques Office (IPTO) Forschungsprojekte im Bereich der Computer und Datenverarbeitung finanzierte. Die Firma Bolt, Beranek and Newman (BBN) lieferte die Knotenrechner, die sie auf der Basis von Honeywell-Computern herstellte und dazu die erforderliche Software programmierte. BBN baute außerdem ein Network Control Center (NCC) auf, durch das die Firma den Status des Netzes überwachen und Fernwartung der Software betreiben konnte. Die Leitungen für das ARPANET wurden von AT&T angemietet.⁸⁴ Die Netzknotenrechner von BBN waren für den Transport der Datenpakete verantwortlich. Diese sogenannten Interface Message Processors (IMPs) bildeten zusammen mit den Telefonleitungen das Subnetz. Die zu vernetzenden Computer (Hosts) in den Forschungseinrichtungen mußten jeweils an einen Interface Message Processor angeschlossen werden, wozu weitere Hard- und Softwareentwicklungen nötig waren. Die Struktur einer ARPANET-Verbindung bestand also in der Reihe Host-IMP-IMP-Host. BBN war nur für den Datentransport zwischen den IMPs zuständig, so daß die Aufgabe, die Datenkommunikation von Host zu Host zu ermöglichen, von einem weiteren Akteur gelöst werden mußte.

Junge Wissenschaftler der ARPA-Sites trafen sich, um die Entwicklung der Host-to-host-Software in Angriff zu nehmen. Für diese Software bürgerte sich die Bezeichnung Protokoll ein. Die kleine Gruppe graduerter Studenten nannte sich Network Working Group (NWG), und sie wurde beschrieben als „an adhococracy of intensely creative, sleep-deprived, idiosyncratic, well-meaning computer geniuses“ (Hafner/Lyon 1996: 145). Die Mitglieder definierten ihren Zweck so: „The Network Working Group (NWG) is concerned with the

⁸³ Ab 1972 genannt Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), von 1993 bis 1996 wieder ARPA, seit Februar 1996 erneut DARPA. Siehe <http://www.arpa.mil/body/arpa_darpa.html>.

HOST Software, the strategies for using the network, and initial experiments with the network“ (RFC 3). Bei den ersten Treffen der NWG kam eine Handvoll Leute zusammen, doch bis 1971 wuchs die Gruppe auf etwa 100 Mitglieder, die in Arbeitsgruppen die anstehenden Probleme behandelten. Auch Personal von BBN beteiligte sich an der NWG. Die Vorgehensweise der NWG zeichnete sich durch offene Kooperation, eine partizipative Kultur und durch hohe Problemlösungsfähigkeit aus. Die erfolgreiche Implementierung der Software bildete den höchsten Maßstab des Handelns.

Ihre Arbeit hielt die Network Working Group in Berichten fest, die sie Request for Comments (RFC) nannte. Bereits RFC 3 diente der Bekanntgabe von Konventionen für kleine Formalitäten der RFCs wie deren Numerierung und Datierung, wohingegen für den Inhalt keine Vorschriften gemacht wurden, sondern zu vielfältigen Diskussionsbeiträgen aufgerufen wurde. Die Vorsitzenden der NWG sahen ihre Aufgabe, vor allem nach dem schnellen Anwachsen der Gruppe, in „codification and coordination“ (ARPANET Completion Report Draft III-69, zit. n. Hauben/Hauben 1997: 105). Einer der NWG-Vorsitzenden, Jon Postel, übernahm zu diesem Zweck das Amt des RFC-Editors.⁸⁵

Die transparente Dokumentation der ARPANET-Entwicklung in den RFCs setzte Maßstäbe für die Herausbildung des Internet als soziotechnisches System, denn der RFC-Prozeß war von Anfang an offen sowohl auf der input-Seite, so daß jeder Sachkundige in der Reihe veröffentlichen konnte, als auch auf der output-Seite, so daß jeder Interessierte die Dokumente kostenfrei erhalten und lesen konnte. Da die RFCs über das Netz abrufbar waren und nicht in gedruckter Form vertrieben wurden, können sie als die erste elektronische Zeitschrift der Welt gelten (Huitema 1996: 75).

Die Vernetzung im ARPANET begann mit vier Einrichtungen im Westen der USA, deren Computer im Dezember 1969 zusammengeschaltet wurden:

- University of California Los Angeles,
- Stanford Research Institute,
- University of California Santa Barbara und
- University of Utah.

⁸⁴ Die Ausschreibung und die vertragliche Abwicklung der Leitungsbereitstellung lief über das Defense Commercial Communications Office, DECCO (Salus 1995: 27).

⁸⁵ Der bescheidene Name Request for Comments rührte daher, daß die Studenten anfangs damit rechneten, daß sie bald von erfahrenen *seniors* abgelöst werden würden und sie deren Arbeit nicht vorgreifen wollten - doch die Ablösung kam nie, und die RFCs stellen bis heute die Veröffentlichungsreihe dar, in der die weltweit angewandten Internet-Standards niedergelegt werden. Manche RFCs dienen sogar der Internet-Geschichtsschreibung, so z. B. RFC 2555: 30 Years of RFCs (Zu den Anfängen der NWG siehe Hafner/Lyon 1996: 143-148; Salus 1995: 28-31; Hauben/Hauben 1997: 102-105).

Mitte 1970 wurde die erste transkontinentale Leitung geschaltet, so daß an der Ostküste Computer von BBN, Harvard und des Massachusetts Institute of Technology (MIT) an das ARPANET angeschlossen wurden (Salus 1995: 51-61). Einige der angeschlossenen Institute übernahmen Servicefunktionen für das Netz. An der University of California Los Angeles (UCLA) wurde das Network Measurement Center (NMC) eingerichtet, während das Stanford Research Institute (SRI) von der ARPA den Vertrag zum Aufbau eines Network Information Center (NIC) erhielt. Das NIC wurde zur zentralen Anlaufstelle für Informationen über das ARPANET. Der SRI-Wissenschaftler Douglas Engelbart hatte bereits 1967 die Einrichtung eines solchen Informationszentrums begonnen, da sein oNLine System NLS dafür wie geschaffen war (Bootstrap Institute 1994). Das SRI NIC erfüllte den wachsenden Bedarf an Koordination und Informationsdistribution und übernahm somit eine wichtige Funktion für die Steuerung des ARPANET (Norberg/O'Neill 1996: 170).

Alle notwendigen Funktionen, um ein großes Computernetz zu koordinieren, waren im ARPANET in statu nascendi vorhanden. Die Aufgaben wurden durch Projektverträge von der US-Regierung an Forschungseinrichtungen vergeben, doch die alltägliche Durchführung der Projekte verlief in der überschaubaren Gruppe der ARPANET-Computerwissenschaftler ganz informell. Die von der Network Working Group entwickelten **Protokolle** wurden in den RFCs veröffentlicht, wobei allerdings noch nicht von Standards gesprochen wurde. Technische **Parameter** wurden zunächst von verschiedenen Institutionen festgelegt. So veröffentlichte BBN in RFC 179 eine Liste mit Nummern, die als „declarative specification“ für Verbindungsnummern dienten. In RFC 322 „Well Known Socket Numbers“ forderte das NMC dazu auf, die in den Forschungseinrichtungen verwendeten Nummern bekanntzugeben, damit diese katalogisiert werden könnten. Erstmals im Jahre 1977 erschien in RFC 739 mit dem Titel „Assigned Numbers“ eine komplette Liste, die die verschiedenen im ARPANET verwendeten Parameter und Nummern zusammenfaßte. Diese Liste wurde seit ihrem ersten Erscheinen immer wieder aktualisiert und als RFC veröffentlicht. Verantwortlich dafür zeichnete Jon Postel vom Information Sciences Institute der University of Southern California (USC ISI).⁸⁶ Die Bedeutung dieser Liste für das Internet wurde später dadurch hervorgehoben, daß Postel praktisch zur „Internet Assigned Numbers Authority“ in Person erhoben wurde.

⁸⁶ Jonathan B. Postel arbeitete bis 1973 am Network Measurement Center bei der UCLA, danach kurze Zeit bei MITRE Corp. und bei Keydata, befaßt mit der Implementation des Network Control Protocol, bevor er 1974 zu

Was **Namen und Adressen** im ARPANET angeht, so wurde der anfängliche Zustand, in dem jede Site sich ihre eigene Liste zusammenstellte, schnell beendet, indem Ende 1971 das NIC die erste offizielle Liste zur Auflösung von Namen in Adressen verbreitete. Das Prinzip, den numerischen Adressen der Computer leicht merkbare Namen zu geben, geht also bis in die Anfänge des ARPANET zurück, wobei allerdings das Domain Name System, wie wir es heute kennen, erst 1985 in Betrieb ging. (Ausführlicher zur Entwicklung des DNS siehe unten.) Zusammengefaßt ergibt sich für die institutionelle Koordination des ARPANET folgendes Bild.

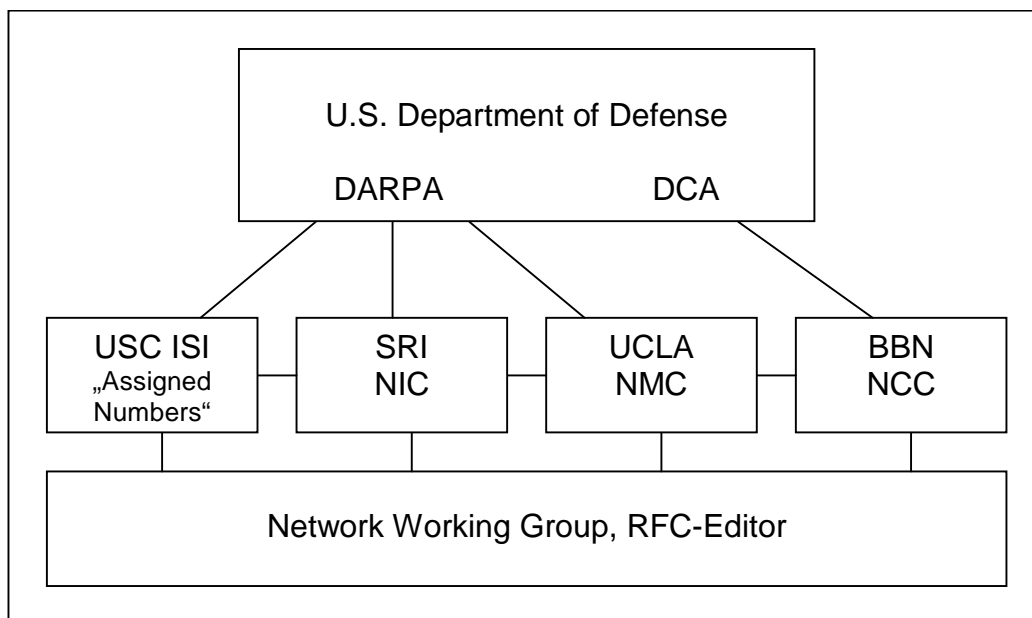


Abbildung 8: Die Koordination des ARPANET

Die Verantwortung und Finanzierung des Netzes lag beim Information Processing Techniques Office (IPTO) der DARPA. Da die DARPA ihre Aufgabe in der Forschungsförderung sah und nicht als Netzbetreiber auftreten wollte, wurde 1975 die Verantwortlichkeit für den Netzbetrieb von der DARPA an die Defense Communications Agency (DCA) übertragen. Zuvor hatte es einen Versuch gegeben, den Netzbetrieb zu privatisieren. Abgesehen davon, daß sich kein privater Betreiber fand (AT&T lehnte den Kauf ab), entschied das Verteidigungsministerium, daß das Netz einen Nutzen für die Verteidigung hatte und der Verkauf

SRI ging. Im März 1977 wechselte er an das USC ISI, wo er bis zu seinem Tod im Oktober 1998 wirkte (Postel 1997).

gegen Bundesgesetze verstoßen würde und also das ARPANET unter dem Dach des DoD bleiben mußte (Hafner/Lyon 1996: 232-235).

Der operative Betrieb des Netzes wurde von der Firma Bolt, Beranek and Newman auf der Basis von speziell modifizierten Computern (Interface Message Processors) und Mietleitungen von AT&T realisiert. Zum Netzbetrieb gehörte auch BBNs Network Control Center. Das Network Information Center war per ARPA-Vertrag an das Stanford Research Institute gegangen, während das Network Measurement Center an der University of California Los Angeles angesiedelt wurde. Beide Institutionen, NIC und NMC, koordinierten die Netznutzung, indem sie Daten und Informationen ermittelten, zusammenstellten und zugänglich machten. Wissenschaftler aus verschiedenen Forschungseinrichtungen, die überwiegend an das ARPANET angeschlossen waren, bildeten die Network Working Group, deren Hauptaufgabe die Software-Entwicklung von Kommunikationsprotokollen und Anwendungen war. Der Arbeitsfortschritt der NWG wurde in der Reihe der Request for Comments dokumentiert, wobei die RFCs vom RFC-Editor zur Publikation vorbereitet wurden und beim NIC online verfügbar gemacht wurden.

Insgesamt war der Koordinationsbedarf beim ARPANET zunächst gering, der Kreis der Benutzer beschränkte sich auf die Entwickler, die sich größtenteils persönlich kannten. Das Wachstum des Netzes ab Anfang der 70er Jahre erforderte neben der technischen Standardisierung auch soziale Konventionen, wobei die Institutionen des Netzes aber nicht am Reißbrett vorgedacht wurden, sondern sich durch die Notwendigkeit entwickelten, bestimmte Probleme zu lösen oder Lösungen zu optimieren. Die Entwicklung, die das ARPANET nahm, war nicht vorgezeichnet oder durch irgendwelche Mechanismen determiniert. Die grundlegenden Ergebnisse, die durch das Handeln der am ARPANET beteiligten Akteure zustande kamen, legten keinen starren Entwicklungspfad der Computervernetzung fest, sondern schufen einen breiten Korridor, in dem sich die weitere Entwicklung des Internet entfalten konnte.

4.2 Vom ARPANET zum ARPA Internet

Nur ein relativ kleiner Kreis von Wissenschaftler, deren Institute Verträge mit der DARPA abgeschlossen hatten, konnte das ARPANET benutzen. Das ARPANET war in seiner Anfangsphase ein Experimentalnetz. Die Benutzer waren zugleich die Entwickler, und es gab

keine expliziten Benutzungsregeln für die Teilnehmer. Das innovative paketvermittelte Netz funktionierte mehr als zufriedenstellend, aber es lief wenig Verkehr darauf. Die ersten Anwendungen, die für das ARPANET programmiert wurden, bestanden darin, auf entfernte Rechner zuzugreifen und wie an einem Rechner vor Ort zu arbeiten (remote login, Telnet) sowie Dateien von einem Rechner zu einem anderen zu übertragen (file transfer, FTP). Die Auslastung des ARPANET steigerte sich erst dann sehr stark, als einige Wissenschaftler aus dem Benutzerkreis die ersten E-Mail-Programme geschrieben hatten.⁸⁷ E-Mail entwickelte sich schnell zur beliebtesten Anwendung. Eine Studie für die DARPA kam 1973 zu dem Ergebnis, daß ca. 75% des Netzverkehrs von E-Mail verursacht wurde (Hafner/Lyon 1996: 194). Dabei hatte die DARPA das Netz für E-Mail gar nicht vorgesehen. E-Mail war die Anwendung „that hadn't been thought of“ (Salus 1995: 95), oder auch „die erste illegale Nutzung der neuen Technik“ (Borchers/Benning/Kuri 1999: 130). Die Kreativität der Wissenschaftler, gepaart mit der Offenheit des Netzes für neue Anwendungen, die die Nutzer selbst einführen konnten, führte zu einer neuen Sichtweise von Computernetzen, besonders ihrer Verwendung als Kommunikationsmedium:

„Network users challenged the initial assumptions, voting with their packets by sending a huge volume of electronic mail but making relatively little use of remote hardware and software. (...) Increasingly, people within and outside the ARPA community would come to see the ARPANET not as a computing system but rather as a communications system. Succeeding generations of networks inspired by the ARPANET would be designed from the start to act as communications media“ (Abbate 1999: 111).

Computervermittelte Kommunikation förderte die Leitidee größtmöglicher Konnektivität, auch über Staatsgrenzen und Kontinente hinweg. Der Austausch von Erfahrungen war nicht auf die USA begrenzt, denn Experimentalnetze auf der Basis der Paketvermittlungstechnik entstanden auch in Europa. In England, wo am National Physical Laboratory (NPL) die Paketvermittlung etwa zeitgleich und unabhängig von den Aktivitäten in den USA entwickelt worden war, bestand eine Netzwerkgruppe, und in Frankreich bauten Wissenschaftler das Cyclades-Netz. In Deutschland wurden bei der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD), bei der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) und am Hahn-Meitner-Institut (HMI) paketvermittelte Netze erprobt.

⁸⁷ Eine Vorform der E-Mail war von Rechnern bekannt, an denen mehrere Personen arbeiten und sich die Prozessorzeit teilen konnten (Time sharing systems). (Zur Entstehung und Entwicklung von E-Mail siehe Abbate 1999: 106-111; Hafner/Lyon 1996: 187-218)

Der wissenschaftliche Austausch über die verschiedenen Projekte erfolgte über die International Network Working Group (INWG), die sich 1972 am Rande der ersten International Conference on Computer Communication gründete.⁸⁸ Nach der erfolgreichen Präsentation des ARPANET auf dieser Konferenz entstanden Pläne, durch Zusammenschaltung nationaler Netze ein internationales Netz der Netze aufzubauen. Die Interkonnektion heterogener Netze stellte die nächste Herausforderung für die Computerwissenschaftler und Ingenieure dar. Die INWG verfolgte die Idee eines „concatenated network“ unter der Bezeichnung CATENET. Im Rahmen der INWG veröffentlichten Vinton Cerf und Robert Kahn 1973 ihre Grundgedanken, wie unterschiedliche Netze verbunden werden können (INWG Note 39: Towards Protocols for Internetwork Communication, vgl. Salus 1995: 99; Hafner/Lyon 1996: 222-223).

Auch im nationalen Rahmen der USA stellte sich die Frage nach der Verbindung verschiedener Netze. Die DARPA förderte im Bereich der Computervernetzung nicht nur das ARPANET, sondern auch Projekte wie das ALOHANET und das SATNET. Die Netze waren technisch an ihr jeweiliges Übertragungsmedium angepaßt, also Telefonleitungen beim ARPANET, Funkstrecken beim ALOHANET und Satellitenverbindungen beim SATNET. Der Wunsch, diese Netze zu verbinden, gebar das „Interneting Project“ der DARPA. In einem weiter ausgearbeiteten Papier mit dem Titel „A Protocol for Packet Network Interconnection“ stellten Cerf und Kahn 1974 ihre Überlegungen zu einem „Transmission Control Protocol“ vor und legten damit die Grundlagen für die heute im Internet gebräuchlichen Kommunikationsprotokolle. Da Kahn seit 1972 bei der ARPA arbeitete, konnte er die Idee einer offenen Netz-Architektur sozusagen regierungsamtlich weiterverfolgen (Leiner/Cerf/Clark 1998).

Der entscheidende Ausgangspunkt der Überlegungen war, daß es weder gelingen würde, die verschiedenen Paketnetze technisch zu vereinheitlichen noch ihnen ihre Autonomie zu nehmen, um sie administrativ unter ein Dach zu bringen. Dies galt gerade im Hinblick auf die Zusammenschaltung von Netzen im internationalen CATENET-Projekt. Trotzdem sollte der Benutzer nicht bemerken, wenn seine Daten von einem Netz in ein anderes übertragen würden, wozu ein nahtloser Übergang erforderlich war. Die Lösung für solche nahtlosen

⁸⁸ Die INWG ist von der Network Working Group des ARPANET zu unterscheiden. Nach dem Vorbild der RFCs führte die INWG ihre eigene Dokumentationsreihe, die INWG notes. 1973 wurde die INWG der International Federation for Information Processing <<http://www.ifip.or.at>> als Working Group 6.1 „Architecture and Protocols for Computer Networks“ eingegliedert. Ziel der Arbeitsgruppe war, durch ein universelles host-to-host-Protokoll maximale Konnektivität bei Paketnetzen zu erreichen (Salus 1995: 103).

Übergänge zwischen autonomen Netzen - und damit den Kern der Interkonnektions-Technologie - fanden Cerf und Kahn im Gateway-Prinzip, kombiniert mit den „Datagrammen“, wie sie vom ARPANET bekannt waren. Ein Gateway war gedacht wie ein janusköpfiger Host mit dazwischen geschaltetem Übersetzungsmechanismus, d. h. auf der einen Seite nahm das Gateway wie ein Host des entsprechenden Netzes Daten entgegen, übersetzte die Daten in eine dem zweiten Netz verständliche Form und sendete sie wie ein Host des zweiten Netzes weiter. Anders als ein Host brauchte das Gateway aber nur die Empfängeradresse und nicht den Inhalt eines Datagramms lesen, um ein Datenpaket weiterleiten zu können. Was sich im Prinzip einfach anhörte, erforderte in der praktischen Umsetzung angesichts verschiedener Datenformate, Paketgrößen und Übertragungskonventionen komplizierte Lösungen, um Daten unversehrt und zuverlässig zwischen verschiedenen Netzen übertragen zu können (Salus 1995: 99-105; Hafner/Lyon 1996: 223-227).

Wenn man den Geburtstag des Internet festlegen müßte, so wäre laut Vinton Cerf der 22. November 1977 das beste Datum, denn an diesem Tag fand die erste Demonstration der drei über Gateways verbundenen heterogenen Netze ARPANET, SATNET und PRNET statt (Hafner/Lyon 1996: 236; Borchers/Benning/Kuri 1999: 128). Kurze Zeit später wurde eine weitere wichtige Voraussetzung für die Karriere des Internet verwirklicht. Angetrieben von der Motivation des „internetting“ machte die Protokollentwicklung einen Schritt nach vorne, indem aus dem Transmission Control Protocol (TCP) das Internet Protocol (IP) abgespalten wurde. Nur das, was für den Transport von Datenpaketen unbedingt notwendig war, wurde in das IP ausgegliedert, während alles andere (wie das Zerlegen von Daten in kleine Pakete, Fehlerkorrektur und ähnliches) im TCP verblieb. Seit Ende der 70er kam TCP/IP verstärkt zum Einsatz und wurde in mehreren Versionsschritten kontinuierlich verbessert. Die „Internet-Protokolle“, wie TCP/IP dann auch genannt wurde, hatten den Vorteil, daß durch sie schnelle und billige Gateways möglich wurden und somit günstige Bedingungen für die Vernetzung heterogener Netze geschaffen wurden. In einer Entscheidung mit ungeahnter Wirkungsmächtigkeit erklärte die DARPA die vierte Version von TCP/IP zum Standard für alle von ihr geförderten Netze (RFCs 791, 793). Diese Version, bekannt als IPv4, bildet bis heute den Standard des Internet.

Das alte ARPANET-Protokoll NCP konnte nur maximal 255 Hosts unterstützen, so daß allein das Netzwachstum eine Umstellung auf das leistungsfähigere TCP/IP notwendig machte, denn im Sommer 1981 kletterte die Zahl der Hosts über die 200er-Marke. Außerdem

war im NCP die Adressierung ganzer Netze und mehrerer Maschinen hinter den IMPs nicht vorgesehen, wodurch das „Internetting“ nicht ohne weiteres möglich war. Die DARPA machte zur Pflicht, daß zum 1. Januar 1983 alle Hosts auf TCP/IP umgestellt sein mußten, ließ aber genügend Vorlauf, um den harten Umstieg sorgfältig vorbereiten zu können. Der Übergang war im „NCP/TCP Transition Plan“ (RFC 801) genau geregelt, und er gelang unter großen Anstrengungen und mit wenigen Ausnahmen pünktlich (Salus 1995: 161-166).⁸⁹ Ebenfalls Anfang 1983 wurden die jeweiligen Dokumentationsreihen der verschiedenen ARPA-Netzprojekte in die Reihe der RFCs eingegliedert.⁹⁰ Die RFCs wurden somit zur zentralen Informationsquelle für die technische Entwicklung des Internet.

Die DARPA förderte eine Vielzahl von Projekten im Bereich der Computervernetzung und faßte diese verwaltungsmäßig in ihrem „Internet Program“ zusammen. Der Koordinationsbedarf stieg ständig, sowohl mit dem Netzwachstum wie mit der Zahl der Projekte. Um die Entwicklungen besser übersehen und koordinieren zu können, richtete die DARPA 1979 das Internet Configuration Control Board (ICCB) ein.⁹¹ Das ICCB sorgte für eine breitere Partizipation der Wissenschaftler am Internet-Entscheidungsprozeß, doch die DARPA behielt die Fäden in der Hand. 1983 wurde das ICCB reorganisiert und als Internet Activities Board (IAB, ab 1992 Internet Architecture Board) weitergeführt.⁹² Die Personen blieben dieselben, dazu kamen zwei neue Mitglieder, denn die Größe der Gruppe wuchs von acht auf zehn. Jedes Board-Mitglied wurde zugleich Vorsitzender einer der zehn neu eingerichteten „Task Forces“, die jeweils einen technischen Bereich zum Thema hatten.

Das IAB wurde zunehmend wichtiger, denn die DARPA benutzte das Gremium auch als Quelle der Expertise für neue Forschungsprojekte und begann, die Verantwortlichkeit für den

⁸⁹ Daß der harte Umstieg keine leichte Sache war, zeigten die danach aufgetauchten Anstecker mit der Aufschrift „I survived the TCP/IP transition“ (Leiner/Cerf/Clark 1998).

⁹⁰ Dies betraf die Packet Radio Network Notes, die ARPA Satellite System Notes, die Internet Experiment Notes und weitere Reihen (Siehe RFC 2555). Die Internet Experiment Notes (IENs) entstanden anlässlich der Arbeit zur Zusammenschaltung der verschiedenen von der ARPA geförderten Netze und erschienen von 1977 bis 1982. Ein Online-Archiv der IENs ist unter <<http://www.isi.edu/in-notes/ien/>> zu finden.

⁹¹ Für die internationale Koordination wurde das International Cooperation Board (ICB) eingerichtet, dessen Vorsitz ein Brite (Peter Kirstein vom University College London) übernahm (Leiner/Cerf/Clark 1998).

⁹² Ebenfalls 1983 wurde das MILNET vom ARPANET abgetrennt, wobei die beiden Netze über wenige, auf E-Mail-Verkehr beschränkte Gateways verbunden blieben. Der militärische Teil der Koordinationsinstitutionen wird in meiner Arbeit nicht behandelt. Projekte, die nicht dem DARPA Internet Program unterstellt waren, sondern zur operativen Kommunikationsstruktur der Militärs gehörten, wurden vom Defense Data Network Program Management Office (DDN-PMO) betreut. In dieser, wie RFC 902 ausdrückte, „complex relationship between the DARPA community and the DDN community“ gab es zwar Kooperation zwischen den beiden Bereichen und einige Personen, die in den Gremien beider Bereiche tätig waren, aber für die Regelungen und Standards, die die an die Netze angeschlossenen Organisationen befolgen mußten, war entscheidend, ob ihr Anschluß Kraft der DARPA oder Kraft des DDN zustande gekommen war (Siehe RFC 902).

Standardisierungsprozeß an das IAB zu delegieren (Kahn 1994). David Clark vom MIT wurde Vorsitzender des IAB. Die Wissenschaftler übernahmen die führende Rolle in der Koordination des Internet, und selbst die Angestellten der DARPA, die das Internet-Forschungsprogramm verwalteten, waren temporär angestellte Wissenschaftler und keine Beamten - so z. B. bis Anfang der 80er Jahre der TCP/IP-Urheber Vinton Cerf, der von der Stanford University kam, und nach ihm Barry Leiner, der zuvor in der wissenschaftlichen und Industrieforschung tätig gewesen war.

Bis Anfang der 80er Jahre bestimmte das Forschungsprogramm der DARPA die Governancestruktur des Internet, und offiziell hieß es auch das „ARPA Internet“. Die Zahl der an das Netz angeschlossenen Rechner belief sich auf einige hundert, doch die Wachstumsraten zeigten steil nach oben (Zakon o. J.).

4.3 Das NSFNET: Ein Netz für alle Wissenschaftler - und die ganze Welt

4.3.1 Die Gründerzeit der Computernetze und das NSFNET

Die erste Hälfte der 80er Jahre kann als die Gründerzeit der Computernetze bezeichnet werden. In dieser Zeit entstand eine ganze Anzahl von Rechnernetzen, und der Zugang zu solchen Netzen wurde in der Informatik und in den computerbasierten Wissenschaften zur notwendigen Bedingung für Spitzenforschung. Die prominentesten dieser Computernetze waren in den USA das CSNET (Computer Science Network), das von IBM gesponserte BITNET (Because It's Time Network), und die UNIX-Netze UUCP und USENET. In Europa entstanden nationale Wissenschaftsnetze wie beispielsweise das Deutsche Forschungsnetz (DFN) in Deutschland und das JANET (Joint Academic Network) in Großbritannien sowie europäische Netze wie das EARN (European Academic and Research Network) und EUNET (Quarterman/Hoskins 1986). Die Anwender der Netze hatten ein großes Interesse daran, die Konnektivität durch Zusammenschaltung der einzelnen Netze zu steigern, was zumindest für den Austausch von E-Mails durch Gateways zwischen den Netzen größtenteils gelang. Die Erreichbarkeit des ARPANET war besonders attraktiv und unterstrich seine Bedeutung als fokales Netz des Internet (Leib/Werle 1998). Das Jahr 1983 war nicht nur wegen der Erhebung von TCP/IP zum DARPA-Standard ein Entscheidungsjahr, sondern auch, weil zum ersten Mal ein Netz außerhalb der Ägide der DARPA mit dem ARPANET verbunden wurde, nämlich das von der National Science Foundation unterstützte CSNET.

Der Einstieg der amerikanischen National Science Foundation (NSF) in die Förderung von Computernetzen und ihre Entscheidungen war für die weitere Entwicklung des Internet ein *critical juncture* auf dem Weg zum selbsttragenden Wachstum (Werle/Leib 1998). Als erstes finanzierte die NSF von 1981 bis 1985 das CSNET, durch das hauptsächlich die Wissenschaftler in der Informatik (Computer Science) Zugang zu einem Computernetz erhielten. Im CSNET kamen die TCP/IP-Protokolle zum Einsatz, da sie mit staatlichen Mitteln entwickelt worden waren und deswegen kostenlos erhältlich waren. Außerdem war abzusehen, daß das ARPANET sie als Standard verwenden würde. In den ersten beiden Jahren koordinierte die NSF das Netz selbst, was ungewöhnlich für diese Institution der Forschungsförderung war. Danach übernahm das Coordination and Information Center bei BBN die administrative Funktion für das CSNET. Nach Auslaufen der Förderung im Jahre 1985 trug sich das CSNET selbst, und es verfügte über etwa 180 Hosts, überwiegend in den USA und Kanada, hatte aber auch Verbindungen nach Europa, Australien und Asien.

Noch wichtiger als das CSNET war jedoch das umfassendere Projekt der Vernetzung der Wissenschaftseinrichtungen durch das NSFNET. Die National Science Foundation übernahm Mitte der 80er Jahre die zentrale Rolle als fördernde und koordinierende Institution beim Aufbau des NSFNET, das einige Zeit die wichtigste Infrastruktur des Internet war. Drei grundlegende Entscheidungen prägten die Herausbildung des Internet (Werle/Leib 1998: 25; SRI International 1997: Kapitel 4).

- Erstens entschied die NSF, daß das Netz nicht nur den Universitäten Zugang zu den neuen Supercomputerzentren ermöglichen sollte (NSF Connections program), sondern zugleich ein umfassendes, offenes Netz zur Förderung von Kommunikation und Kooperation in Forschung und Wissenschaft werden sollte.
- Zweitens favorisierte die NSF eine dreistufige Struktur des Netzes, die die Vernetzung der Universitäten und weiterer Einrichtungen untereinander begünstigte (lokale Netze - regionale Netze - Backbone). Es wurden nicht einzelne Universitäten sternförmig an das nächstgelegene Supercomputerzentrum angeschlossen, sondern regionale Netze gebildet, die wiederum mit dem nationalen Backbone verbunden waren.
- Die dritte grundlegende - und folgenreiche - Entscheidung der NSF bestand darin, daß die bereits im ARPANET und CSNET verwendeten Kommunikationsprotokolle TCP/IP auch im NSFNET zum Standard erklärt wurden. Diese Entscheidung war keine Selbstverständlichkeit und nicht ohne Alternative, denn in allen Regierungsstellen lagen die Pläne vor,

die den Übergang zum offiziellen internationalen Standard OSI regelten (im „US Government Open Systems Interconnection Profile“ GOSIP). TCP/IP hatte allerdings den Vorteil, daß brauchbare und relativ nutzerfreundliche Anwendungen bereits im Einsatz waren.

Insgesamt gesehen schuf die NSF die Voraussetzung für einen Verbund heterogener, wissenschaftsinterner Netze, die nicht auf dem Dienstangebot der kommerziellen Telekommunikationsunternehmen basierten. Außerdem beförderte die NSF durch ihre Grundentscheidungen mehr oder weniger unbewußt die kooperative Weiterentwicklung der Internet-Protokolle durch die Anwender, und damit die sozialen Institutionen, die die Selbststeuerung des Internet ermöglichten.

Die NSF finanzierte das gesamte Netz nicht allein, und sie gab wie schon beim CSNET bekannt, die Förderung nur für eine begrenzte Zeit zu übernehmen. In erster Linie stellte die NSF Mittel für den Backbone zur Verfügung. Den Betrieb des Backbone vergab die NSF an ein Konsortium aus der nicht-kommerziellen Organisation MERIT und den Firmen MCI und IBM. MERIT hatte zuvor im Bundesstaat Michigan die Universitäten und öffentliche Einrichtungen vernetzt und langjährige Erfahrung im Umgang mit Datennetzen (Aupperle 1998). Die organisatorische Aufteilung in die drei Ebenen lokale Campusnetze, Regionalnetze und nationaler Backbone ermöglichte eine flexible Finanzierung und Bezuschussung der einzelnen Netze aus öffentlichen und privaten Mitteln und stärkte den „Inter-net“-Charakter des NSFNET als Verbund aus vielen autonomen Teilnetzen (S. a. RFC 1192). Die meisten Einrichtungen der nicht-militärischen Forschung verlegten ihren Anschluß vom ARPANET an das NSFNET, so daß zum Ende des Jahres 1989 der Betrieb des ARPANET, der Keimzelle des Internet, eingestellt werden konnte - nicht wegen Mißerfolgs, sondern im Gegenteil, wegen der allgemeinen Attraktivität offener Computernetze:

„The ARPANET had served its purpose well, but was not able to become the backbone for the new NSFNET because access could not be expanded beyond the military and computer science communities. The visions behind the NSFNET and the Internet were more expansive and inclusive“ (Hart/Reed/Bar 1992: 675).

Anfang der 90er Jahre waren fast 5.000 Netze (davon etwa 1.700 ausländische) am NSFNET angeschlossen, und die Zahl der Hosts war auf etwa 750.000 gestiegen (Zakon o. J.; Hart/Reed/Bar 1992).

4.3.2 Staatliche geförderte Netze und das selbstverwaltete Internet der Wissenschaftler

Während das Netz der NSF offen für alle Nutzergruppen aus dem Forschungs- und Bildungsbereich war, bauten andere US-Regierungsagenturen Computernetze für geschlossene Gruppen auf, so vor allem das Department of Energy (DoE) das High Energy Physics Net (HEPNET) und die NASA das Space Physics Analysis Net (SPAN). Beide Netze verwendeten anfänglich die proprietären DECNET-Protokolle der Firma Digital Equipment Corporation, sie wurden jedoch später durch Multiprotokoll-Netze ersetzt, die sowohl mit DECNET als auch mit TCP/IP umgehen konnten (Kahn 1994). Die unterschiedlichen Trägerschaften und Verantwortlichkeiten für die Netze machten Koordination auch innerhalb der US-Regierung notwendig, was zu den wachsenden Anforderungen an die Governancestruktur des Internet durch das kräftige Netzwachstum und steigende Nutzerzahlen noch hinzukam. Eine Reihe von Koordinationskomitees sorgte dafür, daß die Regierungsagenturen sich gegenseitig informierten und ihre Projekte abstimmten (Leib/Werle 1997). Eine kohärente und strategische „Internet-Politik“ entstand daraus allerdings nicht, obwohl es einen Plan für ein Interagency Research Network „as the natural outgrowth of the current Internet“ mit einer formellen, aber auch komplizierten Organisations- und Finanzierungsstruktur gab (Siehe RFC 1015).

Die Koexistenz von militärischen und zivilen Netzen wurde immer problematischer, vor allem was die Finanzierung betraf. Solche Probleme wurden in interministeriellen Institutionen geklärt. Zum wichtigsten Gremium entwickelte sich der Federal Networking Council (FNC).⁹³ Im FNC kamen nicht nur die Vertreter der DARPA, der NSF, der NASA, des Department of Energy und weiterer Regierungstellen (insgesamt fast 20) für die regierungsinterne Koordination zusammen, sondern der FNC stellte zugleich das Bindeglied zwischen der Regierung und der Internet community her. Es wurde geklärt, welche Agentur was finanziert und wie man sich, falls notwendig, gegenseitig kompensiert. Ob diese Vorgänge alle verwaltungsrechtlich in Ordnung waren, spielte dabei eine untergeordnete Rolle.

⁹³ Der FNC entstand 1990 aus der Reorganisation des FRICC (Federal Research Internet Coordinating Committee). Der FNC verfügte über beratende Ausschüsse und vertrat die amerikanischen Forschungsnetze auch in internationalen Gremien wie dem CCIRN (Coordinating Committee for Intercontinental Research Networking). 1997 ging der FNC in der Large Scale Networking Group des National Coordination Office for Information Technology Research and Development auf (Siehe <<http://www.fnc.gov>>).

Die Institutionen zur Koordination des Internet, die sich unter der Ägide der DARPA herausgebildet hatten, wurden auch nach der Abschaltung des ARPANET von der NSF beibehalten, und sie wurden teilweise weiterhin von der DARPA finanziert. Durch die vielen verschiedenen Computernetze stieg das Interesse an der technischen Entwicklung des Internet gewaltig an. Eine der Task Forces des Internet Activities Board erwies sich als besonders attraktiv, nämlich die 1985 unter neuem Vorsitz revitalisierte Internet Engineering Task Force (IETF) (Leiner/Cerf/Clark 1998). Die Teilnehmerzahl an den IETF-Tagungen stieg in der zweiten Hälfte der 80er Jahre sprunghaft an. Während auf dem ersten Treffen der IETF 1986 gerade einmal 15 Leute zusammenkamen, waren es ein Jahr später bereits über 100 (RFC 1718). Um dem Größenwachstum Herr zu werden und der ungleichen Entwicklung der Task forces Rechnung zu tragen, wurde 1989 die Substruktur des IAB komplett reorganisiert. Die Zahl der Task forces wurde auf zwei reduziert:

- die Internet Engineering Task Force (IETF) und
- die Internet Research Task Force (IRTF).

Die IRTF als die „community of network researchers“ (RFC 1160) erhielt die Aufgabe, sich um die langfristige Entwicklung des Internet zu kümmern, während die IETF für die Lösung konkreter technischer Probleme und Anwendungsentwicklung zuständig wurde. In der IRTF wurden als Untereinheiten die alten Task forces (außer der IETF natürlich) in Form von Research groups weitergeführt, und die Vorsitzenden dieser Gruppen bildeten die Internet Research Steering Group (IRSG), die zugleich die Verbindung zum IAB herstellte.

Die IETF war zu einer großen Gemeinschaft geworden, zu einer „large open community of network designers, operators, vendors, and researchers concerned with the Internet and the Internet protocol suite“ (RFC 1160). Die große Bandbreite der Themen wurde in Technical areas aufgeteilt, innerhalb derer kleinere Working groups die jeweiligen Spezialthemen bearbeiteten. Die Working groups bestanden nur für eine konkrete Aufgabe und lösten sich nach Erfüllung ihres Zweckes auf. Umgekehrt konnte jeder IETF-Teilnehmer, der ein bestimmtes Problem entdeckt hatte, eine Working group gründen. Jede Technical area hatte einen Direktor, wobei die Area Directors zusammen mit dem IETF Chair die Internet Engineering Steering Group (IESG) bildeten. Die IESG war das Management-Gremium der IETF und erhielt vom IAB die Verantwortlichkeit für die technische Koordination des Internet:

„The IAB has delegated to the IESG the general responsibility for making the Internet work and for the resolution of all short- and mid-range protocol and architectural issues required to make the Internet function effectively“ (RFC 1160).

Das IAB bildete weiterhin die Schnittstelle zwischen der Internet community und den Regierungsagenturen. Es definierte sich als „independent committee of researchers and professionals with a technical interest in the health and evolution of the Internet system“ (RFC 1160). Seine Aufgaben entfernten sich vom „Tagesgeschäft“ in Richtung oberste Instanz für die Abnahme von Standards, strategische Planung und Repräsentation der Internet community in internationalen Gremien. Neue Mitglieder wurden kooptiert, nur der RFC-Editor und die Vorsitzenden von IETF und IRTF waren ex officio im IAB vertreten. Die Mitglieder des IAB bildeten quasi die Internet-Elite. In einem Zeitschriftenartikel wurden die Eigenarten und die Bedeutung des IAB sehr treffend beschrieben:

„The Internet Activities Board has no office, no telephone number, no budget and no official sanction from the government, industry or academia. Yet, largely because of the stature of its 16 members, the IAB has a substantial impact on the networking activities of government agencies and universities and on the product development decisions of communications software vendors. And without the operational assistance of the IAB, Internet – the United States' network of networks – would surely come crashing down in a tangle of twisted protocols and products“ (Federal Computer Week 1987).

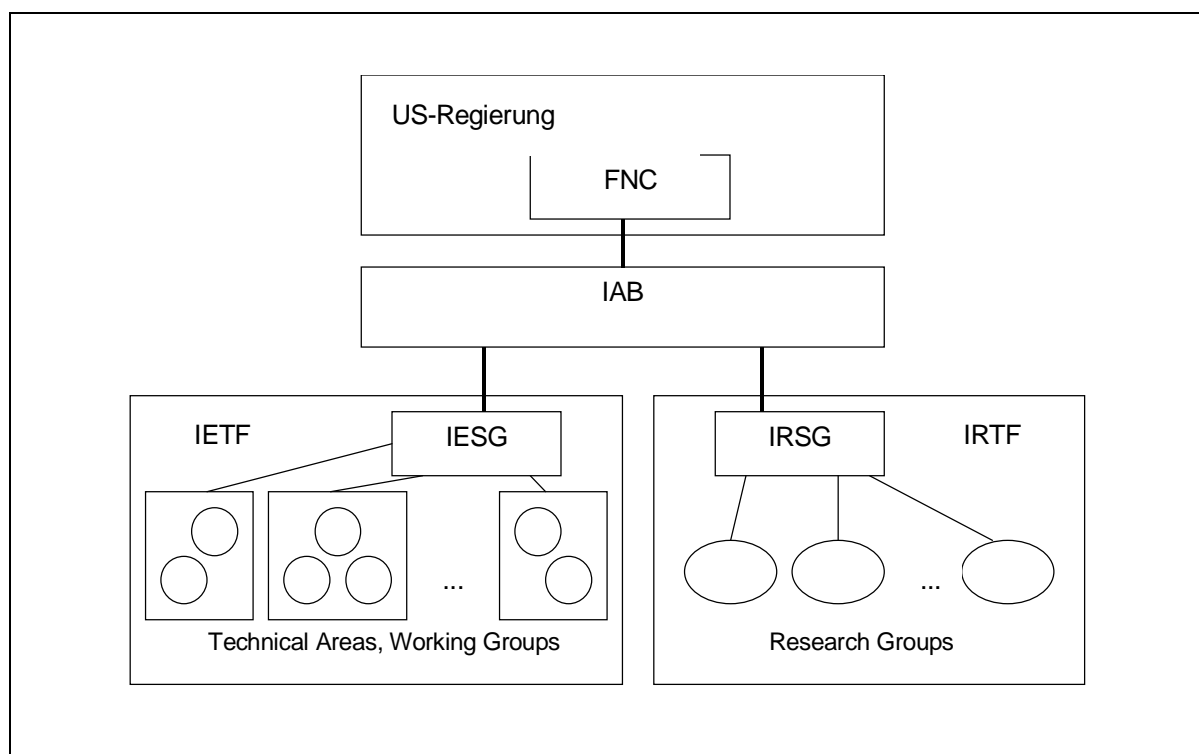


Abbildung 9: Die Forschungs- und Entwicklungsstruktur des Internet nach der Reorganisation 1990

Ein Nebeneffekt der Reorganisation war, daß die neue Struktur privaten Unternehmen mit Interesse am Internet ermöglichte, sich an der Forschung und Entwicklung des Netzes in den Arbeitsgruppen zu beteiligen, ohne daß sie eine vertragliche Verbindung mit Agenturen der US-Regierung brauchten. Die Regierung hielt sich im Hintergrund: „The federal role continued to be limited to oversight control of the Internet name and address space, the support of IETF meetings, and sponsorship of many of the research participants“ (Kahn 1994).

Seit Ende der 80er Jahre trieb die Kommerzialisierung die institutionelle Entwicklung des Internet voran. Zu dieser Zeit war es die Attraktivität von E-Mail, die die Nutzerzahl steigen ließ. In einem ersten Schritt erlaubte die NSF kommerziellen E-Mail-Providern, Datenverkehr in das NSFNET zu bringen, so daß die gesamte Nutzerschaft des NSFNET und anderer öffentlich geförderter Netze erreicht werden konnte. Die damit verbundenen positiven Netzeffekte steigerten die Attraktivität des Internet weiter. In gewisser Weise war die NSF zu diesem Schritt gezwungen, denn viele regionale Netze nahmen in ihren Anstrengungen, finanziell selbständig zu werden, zahlende Kunden von außerhalb der Wissenschaft auf. Trotzdem war rein kommerzieller Verkehr auf dem NSFNET nicht gestattet. Um den kommerziellen Sektor zu bedienen, gründeten sich Spin-offs aus dem akademischen Bereich aus. So entsprangen zwei der großen Internet Provider der öffentlichen Forschungsförderung: UUNET Technologies und PSI Inc. (Kahn 1994).⁹⁴ Diese beiden Unternehmen gründeten 1991 den Provider-Verband CIX, der zu einem wichtigen Spieler im Politikfeld Internet Governance wurde.

Andererseits erschwerte die Verwendung von TCP/IP in kommerziellen Netzen die Verwaltung des Internet, denn alle diese Netze brauchten ebenfalls Adressen aus dem Adreßraum des Internet-Protokolls. Die Internet Adreß-Registry bei SRI - immer noch unter Vertrag mit dem US-Verteidigungsministerium - vergab die Nummernblöcke freimütig, mußte aber zwischen Netzen unterscheiden, die an das „Regierungs-Internet“ angeschlossen werden durften und solchen, die nicht durften. Dazu wurde eine Datenbank geführt, die den Netz-adressen einen Status zuordnete, wobei Netze, die von irgendeiner amerikanischen Regierungsorganisation die Erlaubnis hatten, sich an das Internet anzuschließen, mit dem Status „connected“ versehen wurden. Diese Praxis ließ sich zu Beginn der 90er Jahre angesichts der

⁹⁴ Auch das Konsortium, das im Auftrag der NSF den Backbone des NSFNET betrieb, gründete einen kommerziellen Ableger, ANS CO+RE. Diese Gründung wurde von anderen neu entstandenen Unternehmen als

kommerziellen Netze sowie gemischter öffentlich-privater Trägerschaften und steigendem Adreßbedarf im Ausland nicht mehr aufrechterhalten. Außerdem war es gerade die Politik der NSF, daß regionale Netze kommerziell lebensfähig werden sollten und der Betrieb aus den Universitäten herauswachsen sollte. Das Internet Architecture Board drängte deshalb beim Federal Networking Council darauf, den „connected“-Status fallen lassen zu dürfen und die Adreß- und Namensvergabe unabhängig von der Unterstützung eines Netzes durch die US-Regierung zu machen. Stattdessen sollten die Netzbetreiber Nutzungsordnungen (Acceptable Use Policies) aufstellen, die jeweils den Grad der erlaubten kommerziellen Nutzung definierten (RFC 1174). Außerdem schlug das IAB vor, daß anstelle der US-zentrierten Adreßvergabe durch das DDN-NIC eine zivile non-profit Organisation mit internationaler Ausrichtung treten sollte - ein internationales Network Information Center „InterNIC“ (IAB Minutes 1990-04-26).

Der Federal Networking Council stimmte dem Vorschlag des IAB zu, doch die Umsetzung verzögerte sich, da sich Abstimmungsprobleme zwischen der NSF und dem Verteidigungsministerium ergaben. Das Verteidigungsministerium befand sich im Prozeß der Neuausschreibung des DDN-NIC und wollte vor jeglicher Änderung der Registrierungs politik das Ergebnis abwarten. Im Rahmen der Neuausschreibung war sowieso geplant, die Adreßregistrierung für die Netze des Verteidigungsministeriums und dem restlichen Internet organisatorisch und finanziell zu trennen (IAB Minutes 1991-01-08).⁹⁵ Die Firma Government Systems Inc. (GSI) gewann 1991 den Vertrag für das militärische DDN-NIC. GSI kontraktierte die Aufgabe an das Unternehmen Network Solutions Inc. (NSI) aus, so daß letztlich die Übergabe der Adreßregistrierung von SRI an NSI im Oktober 1991 erfolgte (RFC 1261).

Das Verteidigungsministerium war nicht länger gewillt, die Kosten für die zivile Adreßregistrierung zu tragen, so daß man sich im FNC darauf einigte, daß die NSF dafür aufkommen sollte. Im weiteren Verlauf wurden die zivilen und militärischen Registrierungsstellen vollständig getrennt. Die National Science Foundation schrieb im Zusammenhang mit dem Projekt „National Research und Education Network“ (NREN) die zivile Namens- und Nummernvergabe aus. Anfang 1993 gab die NSF ihre Entscheidung bekannt, wer die Gewinner der drei zu vergebenden Dienste waren:

Wettbewerbsverzerrung empfunden und brachte die NSF in Schwierigkeiten. Die juristische Überprüfung überstand die NSF zwar unbeschadet, doch die Sache gab einen Impuls, den Netzbetrieb zu privatisieren.

Registration Services: Network Solutions Inc. (in Abstimmung mit der IANA)
Directory Services: AT&T
Information Services: General Atomics

Trotz der Vergabe der Dienste an den Privatsektor wurden die Bereitstellungskosten von der US-Regierung finanziert. Zu den Vorschriften der NSF gehörte, daß die drei Funktionen als kooperatives Projekt unter dem Namen InterNIC ausgeführt werden sollten. Die Laufzeit des Projekts war auf sechs Jahre veranschlagt, einschließlich einer eventuellen 6-monatigen Übergabephase bis längstens zum 30. September 1998. Damit wurde unbewußt eine Frist gesetzt, die Jahre später die Institutionalisierung des Internet unter großen Zeitdruck brachte.

Als Network Solutions die Namensregistrierung für die NSF übernahm, stand die Zahl der Domainnamen in den allgemeinen Top Level Domains bei etwa 7.500.

4.4 Die institutionelle Entwicklung des Internet Domain Name System

Die Herausbildung der Governancestruktur des Internet, die im folgenden Kapitel behandelt wird, kann nicht ohne die Entwicklung des Domain Name System erklärt werden. Im Kern kommen die Konflikte um die Internet-Namen daher, daß die soziotechnische Funktion des Domain Name System sich wandelte und einen Zweck erfüllen mußte, der - im wahrsten Sinne des Wortes - nicht im Sinne der Erfinder war. Das DNS wurde ursprünglich zur Minimierung des Verwaltungsaufwands und zur Steigerung der Benutzerfreundlichkeit als mnemotechnisches System eingeführt. Doch im Laufe der Zeit, besonders durch die Kommerzialisierung des Internet, wurde es immer stärker wie ein Verzeichnisdienst (Directory) verwendet. Was im Grunde genommen nur der Name einer Maschine im Internet war, wurde zum Erkennungsmerkmal von Unternehmen und Produkten im WorldWideWeb, und für manche Personen sogar zu ihrer „Identität im Cyberspace“.

Aufgrund der großen Bedeutung des Domain Name Systems für die Governanceprobleme im Internet, wird in den folgenden Abschnitten die institutionelle Entwicklung des Domain Name System bzw. seiner Vorläufer von den Anfängen an verfolgt.

Seit Beginn des ARPANET haben die Nutzer den Maschinen (hosts), die am Netz angeschlossen waren, Namen gegeben. Bereits 1971 begann mit RFC 226 „Standardization of Host Mneumonics“ die Diskussion über die Normierung von Host-Namen. Damals umfaßte

⁹⁵ URLs der IAB-Sitzungsprotokolle: <<http://www.iab.org/minutes/IABmins/IABmins.900426>>.

die Liste der Namen 44 Einträge und paßte auf ein einziges Blatt Papier. In RFC 247 „Preferred Set of Standard Host Names“ wurde festgelegt, daß ein Name aus maximal acht Zeichen bestehen sollte, wobei die ersten vier die Einrichtung kennzeichneten und die letzten vier die Maschine (<site>-<machine>). RFC 247 regelte außerdem, daß das Network Information Center (NIC) am Stanford Research Institute (SRI) eine offizielle Liste der Host-Namen führen sollte, in der die zu den Namen gehörenden Adressen aufgelistet waren. Zum Beispiel war BBN-10A der Name für einen Rechner des Typs PDP-10 bei Bolt, Beranek and Newman, der, wie aus der Liste ersichtlich, die Netzadresse 69 hatte. Die am Netz angeschlossenen Maschinen konnte man mit Telnet oder Ftp ansprechen oder E-Mail mit der Adreßstruktur user@host an eine Mailbox schicken.

Der Hostnames Server bei SRI war der einzige seiner Art und eine zentrale Einrichtung des Netzes, wobei das Netz damals so klein war, daß man kaum von einer Zentrale sprechen konnte. Die immer wieder aktualisierte Host-Tabelle lag auf dem Server bei SRI und konnte per File Transfer heruntergeladen werden. Anfang 1974 setzte RFC 608 dem Zustand ein Ende, daß die Namensliste des NIC nach dem Herunterladen in den Einrichtungen vor Ort an die jeweiligen Betriebssysteme und Programme angepaßt werden mußte, was zur Folge hatte, daß oft veraltete Daten verwendet wurden. Die Lösung war, die Liste als ASCII-Textdatei mit dem Namen hosts.txt zu führen, so daß die jeweils neueste Version vom NIC allgemein und unmittelbar verwendet werden konnte. Die damaligen Internet-Nutzer konnten in dieser simplen Textdatei nachsehen, welche IP-Nummer ein Host benutzte. Die „ARPANET Official Network Host Table“ regelte die Zuordnung von Namen und Adressen bis 1982.

Mit dem Wachstum des Internet und der Zusammenschaltung von Netzen stieß diese Lösung an ihre Grenzen, weil im einstufigen Namenssystem jeder Hostname nur einmal vergeben werden konnte. Außerdem steigerte sich der Aufwand für die ständige Aktualisierung der Host-Tabelle permanent. Anfang der achtziger Jahre umfaßte die Host-Tabelle mehr als 400 Namen. In RFC 811 wurde daher die zentrale Verwaltung einer einzigen, globalen Datenbank nur als Übergangslösung auf dem Weg zu einem „decentralized, distributed name/address translation service“ angesehen. Die Art, wie die Namen und Spitznamen für die Rechner ausgesucht wurden, zeigte, daß das Domain Name System in erster Linie den Charakter eines mnemotechnischen Systems hatte.

<<http://www.iab.org/minutes/IABmins/IABmins.910108>>.

In RFC 819 (August 1982) beschrieben Zaw-Sing Su von SRI und Jon Postel vom Information Sciences Institute der University of Southern California (USC ISI) erstmalig die Struktur des Domänen-Konzepts. Ein Name sollte aus mehreren Teilen zusammengesetzt werden, gelesen von links nach rechts vom spezifischsten zum allgemeinsten Teil. Daraus ergab sich die hierarchische Baumstruktur mit einer Wurzel. Nach dieser Konvention konnten Rechner nicht mehr nur mit einem Hostnamen angesprochen werden, sondern es mußte der absolute Name zur Identifizierung verwendet werden. Mit dem Domänen-Konzept war der Grundstein für die heute noch gebräuchliche Struktur gelegt, nämlich von einer zentralen Stelle aus durch klar abgegrenzte Kompetenzzonen die Namensverwaltung zu dezentralisieren und möglichst viel alltägliche Arbeit und Verkehr auf die unteren Ebenen zu verlagern. Demnach mußte jede Zone über einen eigenen Nameserver und über die Autorität in ihrem Bereich verfügen. Allerdings waren die Konventionen aus RFC 819 nicht als Standard gedacht, durch den Adreßräume in verschiedenen Protokollwelten vereinheitlicht werden sollten, sondern die Anpaßbarkeit an andere Systeme stand im Vordergrund. Das oberste Ziel war Interoperabilität, nicht Homogenisierung.⁹⁶

Der Übergang zum neuen System der Namensgebung und -auflösung wurde für das ARPANET und das Ende 1983 abgetrennte MILNET in RFC 881 (November 1983) geregelt. Darin wurde die Grundidee des verteilten Systems hervorgehoben, nämlich daß nicht jeder Rechner am Internet über eine komplette Host-Tabelle verfügen muß, sondern nur bei Bedarf eine Anfrage nach dem Host, der erreicht werden soll, an einen zuständigen Server richtet. Andernfalls würde viel Verkehr entstehen und damit Netzkapazität verschwendet, wenn immer größere Host-Tabellen per File Transfer von jedem Host geladen werden müßten.

Für eine Übergangszeit wurde die Top Level Domain .arpa verwendet, bis RFC 920 (Oktober 1984) die ersten Top Level Domains festlegte (.gov, .edu, .com, .mil und .org - die TLDs .net und .int kamen später hinzu). Die Registrierung und Verwaltung von Namen in diesen TLDs wurde dem Network Information Center (NIC) bei SRI International übertragen, das diese Aufgabe im Auftrag der Defense Communications Agency (DCA) ausführte. Das Information Sciences Institute an der University of Southern California erhielt den Zuschlag zur Verwaltung der Wurzel der Namenshierarchie (DNS Root). Ab 1985 bildeten SRI und ISI zusammen das DDN NIC (Defense Data Network, Network Information Center), früher einfach „the NIC“ genannt. Das DDN NIC erfüllte neben seinen speziellen Aufgaben für die

⁹⁶ Weitere Einzelheiten regelte RFC 830 (A Distributed System for Internet Name Service, Oktober 1982).

Netze des amerikanischen Militärs die Funktion der autoritativen Informationsquelle für alle an das Internet angeschlossene Netze.⁹⁷ Von den vier Root Servers standen 1987 zwei bei ISI, einer bei SRI und einer beim US Army Research Laboratory (RFC 1033). SRI führte die Registrierungen in den gTLDs durch und pflegte die dazugehörigen Datenbanken (Registrar- und Registry-Funktion). Außerdem vergab SRI - mit Unterstützung des ISI - die IP-Nummern und führte das Verzeichnis der vergebenen Netzadressen (RFC 1020).

In RFC 1083 (IAB official protocol standards, Dezember 1988) werden die Aktivitäten des ISI erstmalig als „Internet Assigned Numbers Authority“ (IANA) bezeichnet.⁹⁸ Die IANA war nie eine formelle Organisation mit einem bestimmten rechtlichen Status. Die IANA wurde charakterisiert als „a virtual name that currently refers to a group of people who work at the University of Southern California’s Information Sciences Institute (USC ISI) under the direction of Jon Postel“ (Eisner Gillett/Kapor 1997: 21). Es ist typisch für die Internetentwicklung, daß die IANA nicht geplant war, sondern sich mit der Zeit entwickelt hat: „Postel picked up the role of number coordinator because it needed to be done when he was a graduate student involved in the birth of the ARPANET, and he never quit doing it“ (Eisner Gillett/Kapor 1997: 22).

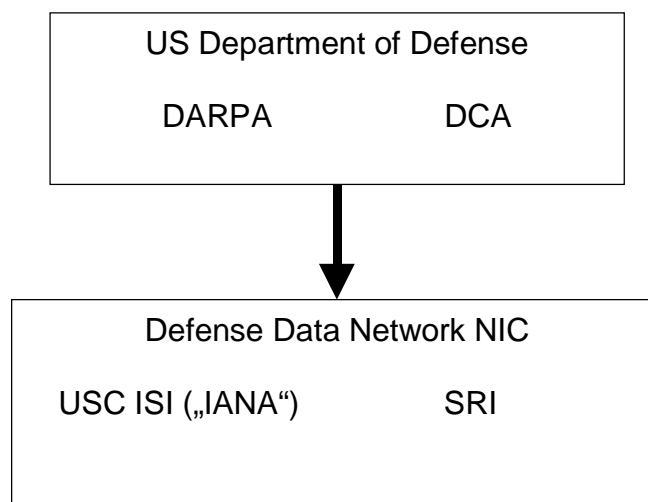


Abbildung 10: Die zentralen Organisationen im Domain Name System, 1985-1991

⁹⁷ „Often referred to as *the NIC*, the DDN NIC is the information center for the Internet community at large, and offers a few special services to users on the various classified and unclassified military networks that constitute the Defense Data Network. The NIC serves as the addressing authority/registry for all networks connected to the Internet“ <<http://www.uiuc.edu/uiucnet/4-4-2.html>>.

⁹⁸ Laut der Chronologie zur IANA unter <<http://www.wia.org/pub/iana.html>>.

Die Lösung mit dem NIC als zentraler Anlaufstelle wurde deswegen gewählt, weil sie einfach und pragmatisch war, keineswegs sollte damit eine Monopolstellung begründet werden. Die Ausführungen in RFC 920, die sich mit der organisatorischen Ausgestaltung des DNS befaßten, schlossen Veränderungen nicht aus: „If there are other entities that would be more appropriate agents and registrars for some or all of these domains then it would be desirable to reassign the responsibility.“ Für Hosts in anderen Ländern sah RFC 920 die Einrichtung von Top Level Domains gemäß dem aus zwei Buchstaben bestehenden Ländercode ISO 3166 vor. Allerdings waren zum Zeitpunkt des Erscheinens von RFC 920, Ende 1984, noch keine solchen Länderdomains eingerichtet, und es gab keine genauen Vorschriften darüber, auf welche Art und Weise dies geschehen sollte. Wenn einige Kriterien erfüllt waren, wurde die Verwaltung einer ccTLD an „responsible persons“ vergeben, meistens fanden sich diese an einer Informatik-Fakultät. Konflikte durch mehrere an einer ccTLD-Verwaltung interessierte Parteien, wie sie in den 90er Jahren auftraten, mußten im Vorfeld gelöst werden, andernfalls wurde die betreffende TLD nicht in die DNS Root eingetragen. Die allererste Ländercode-Domain, die im Juli 1985 eingerichtet wurde, war gleich eine Ausnahme von der Regel, denn das britische Wissenschaftsnetz wollte „UK“ statt „GB“, wie der ISO-Code vorgeschrieben hätte.⁹⁹

Über das Verfahren, neue TLDs einzurichten sagte RFC 920 nichts genaueres aus, außer daß sie „specially authorized“ werden müssen und das NIC die Anlaufstelle sei. In den ersten Jahren des Domain Name System bildete sich in der Internet community die Auffassung heraus, daß der Namensraum eine öffentliche Ressource sei (Recke 1997). Demnach bezeichneten Domainnamen einen Adressaten, aber sie gehörten niemandem. Natürlich war man sich bewußt, daß es Konflikte geben könnte, aber nach den in RFC 1032 genannten Policies mischte sich das NIC nicht in lokale Konflikte ein und trat nicht als Schiedsstelle auf. Eine weitere Policy in derselben RFC legte fest, daß die Domainnamen nach der Regel „first come, first served“ vergeben werden. In RFC 1591 wurden diese Auffassungen 1994 bestätigt:

⁹⁹ Das britische Wissenschaftsnetz JANET (Joint Academic Network) hatte kurze Zeit vor dem Internet Domain Name System bereits ein eigenes System, das Name Registration Scheme (NRS), eingeführt. Der auffälligste Unterschied der Systeme bestand darin, daß die Namen im britischen System rechts mit der spezifischsten Domäne aufhörten („little endian“, z. B. uk.ac.ucl für das University College London), während das DNS umgekehrt aufgestellt war („big endian“, also ucl.ac.uk). Das NRS hatte eher zufällig mit „UK“ begonnen, und um die Namen vom NRS in das DNS umsetzen zu können, wurde „UK“ beibehalten. Noch 1992 gab es Pläne, alle Namen in die Domäne „GB“ zu überführen, doch das schnelle Wachstum vereitelte dieses Vorhaben, das demzufolge 1994 offiziell mit dem Segen der British Standards Institution aufgegeben wurde. Der NRS-Dienst wurde im Juli 1997 eingestellt. (JANET Network News <<http://www.ja.net/documents/NetworkNews>> Nr. 36, u. 42, UKERNA News <http://www.ja.net/documents/UKERNA_News/index.html>, Nr. 1, Okt. 1996.)

„Concerns about ‘rights’ and ‘ownership’ of domains are inappropriate. It is appropriate to be concerned about ‘responsibilities’ and ‘service’ to the community.“

Die Stabilität des DNS war zum einen dadurch abgesichert, daß das Department of Defense eine Möglichkeit zur Kontrolle hatte, da die DNS Root und die Root Server-Verwaltung lediglich auf Vertragsbasis delegiert worden war. Aber hinzu kam „the willingness of hundreds of thousands of local DNS server operators to accept the reference software code and reference table from a single source“ (Skunkworks (alias Rutkowski) 1997). Rein technisch gesehen wäre es durchaus möglich, ein Anti-DNS oder ein anderes alternatives System der Abbildung von Namen auf Nummern aufzubauen. In Einzelfällen wie z. B. dem AlterNIC wurde die Verwundbarkeit des Domain Name System dahingehend ausgenutzt. Das Funktionieren des Domain System beruhte auf „trust“, auf gegenseitigem Vertrauen und verantwortungsvollem Umgang mit den Ressourcen. Die Anforderungen, die an die Verwalter einer Domain gestellt wurden, machten dies klar. So hieß es in RFC 1032 über den Domain Administrator, er müsse über das Treiben der Hosts in seiner Domain Bescheid wissen, auf Probleme reagieren und gegebenenfalls Protokollverletzungen und Fehlverhalten ahnden. „The administrator of a domain must be a responsible person who has the authority to either enforce these actions himself or delegate them to someone else“ (RFC 1032: Domain Administrators Guide, November 1987). RFC 1591 bezeichnete den Domain manager als „trustee of the top-level domain“, dessen Pflicht es sei, der Internet community zu dienen.

Mit dem Wachstum des Internet gewann das Projekt der Root Server-Verwaltung immer größeres Gewicht, doch die Politisierung der Frage, wer die Autorität über die Spitze des DNS hat bzw. haben soll, begann erst ein Jahrzehnt nach der Einführung des Domain Name System.

Über die Verwaltungsformen in den Ländercode-Top Level Domains ließe sich eine eigene Abhandlung schreiben. Die Network Information Center der ccTLDs wurden von Land zu Land unterschiedlich institutionalisiert. Meistens begann die Registrierung von Namen in den Ländercode-TLDs an der Informatik-Fakultät einer Universität und wurde später in ein non-profit Unternehmen ausgegründet. In Deutschland hat das DENIC die Form einer Genossenschaft, in Österreich findet man eine Privatstiftung gekoppelt mit einer GmbH, während in der Schweiz eine öffentliche Stiftung das Namensregister führt. Die Politiken der ccTLD-Administratoren sind vielfältig. So schreiben einige Länder obligatorische Second-level Domains vor, wie z. B. ac.uk für akademische Institutionen in Großbritannien. In manchen

Ländern bestehen hohe Hürden für die Registrierung eines Namens (Frankreich und Schweden), während andere sehr niedrige Anforderungen haben wie z. B. Deutschland. Diese institutionelle Vielfalt entspricht der Autonomie der Domänen im DNS und der Teilnetze im Internet.