

Die Geschichte des Internet als Lernprozess

Hans Dieter Hellige

Forschungszentrum Arbeit – Umwelt – Technik (artec)
Universität Bremen
Enrique-Schmidt-Str. 7
D 28334 Bremen
Hellige@artec.uni-bremen.de

Abstract: Als Einführung in den Workshop reflektiert der Beitrag die bisherigen Geschichtsberachtungen von Pionieren und Historikern des Internet. Er möchte zeigen, dass die bislang dominierende heroische Sichtweise die eigentlich interessierenden Entwicklungen des Internets von einer unvollständigen Systemlösung zu einem massentauglichen Informations- und Kommunikationsmedium ausblendet. Am Beispiel des Wandels der Leitbilder und Nutzungsszenarien der engeren Internet-Community und der Prägungswirkungen der Akteurskonstellationen auf die Netzwerkarchitektur werden neuere Ansätze der historischen Technikgeneseforschung vorgestellt.

1 Einleitung

Das Internet ist im letzten Jahrzehnt zum Gegenstand der Geschichtsbetrachtung und Geschichtsschreibung geworden. Die Pioniere der Computernetz-Community selber haben bereits intensiv damit begonnen, in historischen Rückblicken und Erinnerungen ihre Sicht des Entwicklungsganges darzustellen und die lässt sich überspitzt auf die Kurzformel bringen: Männer machen Geschichte - von der Vision zur Tat und dadurch zum Sieg. Kennzeichen dieser Art von Traditionskonstruktion sind die starke Betonung von Prioritätsansprüchen, die Stilisierung des eigenen Lebenslaufes auf das spätere Resultat hin, die Schaffung eines linearen Entwicklungsganges von der frühen Vision zum erfolgreichen System. Dabei werden meist alle Gegenläufigkeiten, Zufälligkeiten und Kontingenzen ausgeblendet. Besonders typische Beispiele für derart stilisierte "personal histories" von Erfindern sind Leonard Kleinrocks Skizze "The Birth of the Internet" von 1996, Vinton G. Cerfs Bericht "How the Internet Came to Be" von 1993 und Tim Berners-Lees Web-Report von 1999. Insgesamt suggerieren diese Geschichtsbetrachtungen, dass die Pioniere das Konzept des 'Internet' schon fertig in ihren Köpfen entwickelt hatten. Schaut man sich diese und andere Texte von Pionieren und Historikern jedoch näher an, so stellt man erhebliche Unterschiede in den Auffassungen fest, *was* mit Internet überhaupt gemeint ist und *wann* das Netz der Netze entstanden ist. Ähnlich wie in dem noch immer schwebenden Zunftstreit, wer den Computer erfunden hat, erfolgt auch hier die Begriffsfestlegung auf die eigene Prioritätsauffassung hin und entsprechend variieren die Entstehungszeitpunkte des Internets:

Erfindungsdatum	Internet-Pionier	Internet-Auffassung
1959/64	Baran	Universales paketvermitteltes Kommunikationsnetz für Daten
1960/63	Licklider	Sprach- und Videokommunikation Time-Sharing-Zentralennetz für Informationsversorgung und interaktives Problemlösen
1962/64	Kleinrock	Paketvermitteltes Datenübertragungs-Modellsystem
1967/69	Roberts	Resource-Sharing-Netzwerk auf Packetvermittlungsbasis
1973/74	Kahn/Cerf	Internetzwerkprotokoll für heterogene Paketvermittlungsnetze
1979/80	Truscott/Bellovin/Ellis	Kommunikations- und Informationsverteilungssystem in der Selbstorganisation der Nutzer (Usenet)
1979/71	Nelson	Weltbibliothek vernetzter Hypermedia-Dokumente ("Docuverse")
1989/90	Berners-Lee	Verknüpfung von Internet und Hypertext zum WWW, globales Wissens- und Kooperationsmedium
1991/93	Gore	Nationale/globale Informationsinfrastruktur (Information-Superhighway)
1993/94	Andreessen	Massentaugliches Informations- und Electronic-Commerce-Medium auf GUI-Browser-Basis

Diese Zusammenstellung macht deutlich, dass es ziemlich müßig ist, nach *dem* ‚Vater‘ des Internet und nach einem einzigen Zeitpunkt der Invention oder Innovation zu fragen. Das Internet ist eine komplexe Systemerfindung, die in mehreren Stufen entstanden ist. Dabei beruht die Stufenfolge nicht auf einer zwanghaften Entwicklungslogik, es gibt auch nicht *die* Keimzelle, aus der die *ganze* spätere Entwicklung hervorgegangen ist. Neue technische Systeme, insbesondere großtechnische Netzwerke sind das Ergebnis mehrstufiger Geneseprozesse, bei denen es jeweils neue Akteurskonstellationen, Konkurrenzsituationen, Entscheidungskonflikte, Pfadalternativen und Abbrüche gibt, und diese werden von der für Pioniere typischen heroischen Geschichtsbetrachtung selten gesehen [vgl. u.a. WK97].

Auch in den bisherigen historischen Gesamtdarstellungen zur Geschichte des Internets dominiert die heroische, auf Erfinder, Forscher und Gründerfirmen zentrierte Perspektive. So konzentrieren Katie Hafner und Matthew Lyon ihre beinahe romanhafte Schilderung der Ursprünge des Internet von 1996 ganz auf die MIT-Community und die Firma BBN, die die Arpanet-Protokolle geschaffen haben. Arpanet und Internet werden bei ihnen linear aus Visionen und genialen Lösungen einer kleinen Forscher- und Ingenieur-elite heraus entwickelt [HL96]. Auch bei Arthur L. Norberg und Judy O’Neill dominiert die Siegerperspektive, auch wenn hier die Weitsichtigkeit der militärischen Forschungs-

förderungszentrale ARPA, speziell deren informationstechnischer Abteilung (IPTO) als Innovationstreiber im Zentrum stehen [NO96]. M. Mitchell Waldrops Geschichte des Personal und Internet-Computing hat eine ähnlich institutionelle Perspektive, allerdings ganz fokussiert auf die eminente Rolle von Joseph Licklider [Wa01]. Demgegenüber entwickelt John Naughton (1999) die Internet-Historie als eine ganze Kette herausragender Einzelpersonen, die „heroes“ und „visionaries“ von Norbert Wiener bis zu Berners-Lee, „who laid the foundations of the post-modern world“ [Na99]. Bei diesen Büchern wie auch in „Casting the Net“ von Peter Salus erscheinen Arpanet und Internet überwiegend als Datenübertragungstechniken, Netzwerkarchitekturen und Protokollwelten. Die Nutzer der Technik und ihre Anwendungen treten demgegenüber stark in den Hintergrund. In dem ganz aus der Grassroots-Perspektive geschriebenen Buch „Netizen“ von Ronda und Michael Hauben dagegen sind die „user“ der Mittelpunkt der Geschichte des Internet, wobei sie sich ganz auf das Internet-Teilnetz Usenet und die Newsgroups konzentrieren [HH97]. Doch heroisch ist auch ihre Sicht: eine Gruppe von Informatikstudenten baut sich im Alleingang ihre eigene Welt im Netz und gibt damit der Weltgeschichte eine neue Wendung in Richtung Selbstorganisation und Basisdemokratie. Für Robert H. Reid wiederum sind die „Architects of the Web“, Pioniere wie Marc Andreessen, Kim Polese, Mark Pesce und Jerry Yang, die 1994/95 der Kommerzialisierung des Internet zum Durchbruch verhelfen, die eigentlichen Helden der Internet-Evolution [Re97].

Einzig das Buch „Inventing Internet“ von Janet Abbate stellt die Internet-Genese in einen komplexeren gesellschaftlichen Zusammenhang. Sie betrachtet das Netz nicht mehr nur aus der Perspektive kleiner Pioniergruppen, sondern einer Vielzahl beteiligter Akteure. Sie bezieht erstmals auch die Geschichte der Nutzung und der durch sie bewirkten Veränderung des Netzes mit ein. Abbate zerstört dadurch eine Reihe von Legenden über das frühe Arpanet und Internet und zeigt, dass erst aufgrund von Klagen, Forderungen und durch die Beteiligung der Benutzer das Netz zu einem allgemeinen Informations- und Kommunikationsmedium geworden ist [Ab99]. Doch letztlich hat auch sie erst zum Teil Anschluss an die Theorien und Methoden gefunden, die die historische und soziologische Technikgeneseforschung anhand früherer großtechnischer Systeme und Netzwerke schon seit etwa zehn bis fünfzehn Jahren entwickelt hat. Infolge der theoretisch-methodischen Rückständigkeit trägt die Geschichtsschreibung über das Internet nur bedingt zur Bewertung von Akteurskonstellationen sowie zur Reflektion von Handlungs- und Gestaltungsalternativen bei. Sie versperrt sich insbesondere Lernprozesse über die anfangs erheblichen Anwendungslücken und Nutzungsprobleme der unvollständigen Systemlösung Internet. Es gilt daher in Zukunft, wie Jon Guice es schon 1998 gefordert hat, endlich das Know-how der historischen und soziologischen Technikforschung auch auf das Internet anzuwenden [Gu98]. Im Folgenden soll exemplarisch anhand zweier Fragestellungen der historischen Technikgeneseforschung angedeutet werden, welches Potential in den verschiedenen technikhistorischen und techniksoziologischen Forschungsansätzen für die aktuelle Technikbewertung steckt. Es geht erstens um die Frage nach den wirkenden Leitbildern der Akteure, ihres Wandels im Laufe der Netzentwicklung und ihrer Auswirkungen auf die Nutzungseigenschaften. Der zweite Punkt ist die Frage von Prägewirkungen von Akteurskonstellationen auf die Architekturen von Rechnernetzen und auf deren Erfolg oder Misserfolg.

2 Leitbilder und Nutzungsvisionen der Internetpioniere

Folgt man den Schilderungen von Pionieren und der sich ihnen anschließenden Historiker, so entwickelten die Erfinder und Innovatoren der Internet-Technologie schon vor Beginn der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Visionen über die künftige Technik und ihre Nutzung, die dem heutigen Internet schon recht nahe kamen. Neben der Leitbild*kontinuität* beanspruchten sie für ihre Infrastruktur- und Anwendungsvisionen zugleich die Leitbild*originalität*. Beides widerspricht jedoch den Beobachtungen in anderen Kommunikations- und Informationstechniken, etwa beim Telefon, Radio und vielfach auch beim Computing. Danach sind die Vorstellungen von Erfindern und Entwicklern über das künftige Anwendungspotential anfangs meist sehr begrenzt und noch stark an etablierten Techniken orientiert. Das dann tatsächlich umgesetzte Nutzungsspektrum weicht oft erheblich von den ursprünglichen Visionen ab. Dieser Sachverhalt scheint sich bei einer Untersuchung der in der Fachöffentlichkeit artikulierten Visionen und Zielvorstellungen der Internet-Pioniere und –Promotoren zu bestätigen. Besonders gut lässt sich dies am Beispiel des berühmten Information-Highway-Leitbildes illustrieren. Al Gore beansprucht für sich, den Begriff Information-Highway bzw. Super-Highway geprägt und propagiert zu haben. Er verweist darauf, dass er bereits 1979 und dann wieder ab 1989 den Begriff in die Debatte geworfen hat, wobei das von seinem Vater im Kongress geförderte Interstate-Highway-Netz der 50er Jahre das Vorbild hierfür gewesen sei [Go89]. Dabei macht Gore zwischen den frühen und späten Artikeln, Reden und Verlautbarungen keinen Unterschied, alle scheinen dem heutigen Internet-Verständnis zu entsprechen. Eine Durchsicht der Quellen zur Highway-Metapher ergibt aber, dass Gore anfangs ein eher nachrichtentechnisches Datenübertragungsnetz im Blick hatte: Er erwartete von einem landesweiten Breitbandnetz auf Glasfaserbasis eine neue technische Revolution, er spricht sogar von einer neuen kopernikanischen Revolution [Go91a/b]. Er vertrat so ein Konzept, wie es ähnlich von der Telekommunikationsindustrie mit dem Breitband-ISDN verfolgt wurde. Erst 1993 setzte Gore dann voll auf das Internet, ohne dabei seine Fixierung auf die Übertragungstrecken, die physikalischen Highways, je ganz aufzugeben.

Zieht man frühere Belege von Highway-Metaphern in der Computerkommunikation hinzu, so entstehen auch Zweifel am Originalitätsanspruch Gores, denn Highway-Metaphern lassen sich bereits im Kontext der Time-Sharing-Netze der 60er Jahren nachweisen. Als bisher frühesten Beleg habe ich einen "Data Highway for On-line Computer Application" im JANUS-System von 1968 gefunden, hier noch in der Bedeutung eines Standardprotokolls der Atomforschungszentren zur Verknüpfung aller „devices“ in verteilten Computersystemen [HB68]. Ab 1972 wurde dann ein "Electronic Communication Highway" in Verbindung mit dem Kabelfernsehen propagiert [Sm72]. Und 1978, d.h. ein Jahr vor dem ersten Vorschlag von Gore, entwarf James Martin in seinem Weltbestseller "The Whired Society" unter dem Titel "New Highways" ein breitbandiges Zukunftsszenario: "Telecommunication Highways" verbinden große Time-Sharing-Zentralen mit den Nutzern und substituieren dadurch die physikalischen Highways [Ma78, S. 7-15]. Die Metapher ist also bereits Bestandteil früherer Universalnetz-Visionen und –Konzepte. Sie wanderte von dem Time-Sharing-Netzen in das Zweiweg-Kabelfernsehnetz-Szenario der 70er Jahre und von dort in die Breitband-Kommunikations-

szenarien der 80er Jahre, um schließlich seit den frühen Neunzigern in der Internetwelt den großen Durchbruch zu erzielen.

Derartige Abhängigkeiten zur Leitbild-Produktion früherer Techniken lassen sich auch bei den anderen Anwendungs- und Infrastruktur-Leitbildern im Internet-Umkreis nachweisen. Es ergibt sich sogar der erstaunliche Sachverhalt, dass sich für die meisten Nutzungsvisionen bereits Vorläufer bzw. Vorbilder im Kontext der Time-Sharing-Technologie finden lassen. Diese haben sich, wie ich aus einer Durchsicht der Fachliteratur, Fachzeitschriften und Tagungsbände ermittelt habe, in Gestalt einer Leitbildkette aus engeren, technikbezogenen Vorstellungen zu umfassenden gesellschaftlichen Technikvisionen und Großszenarien entwickelt [He96]. So wurden bereits in den späten 50er und den 60er Jahren Technikszenarien und Nutzungsvisionen formuliert, die erst sehr viel später umgesetzt oder in Angriff genommen wurden: Telebanking, Teleworking, Telelearning, Telemedizin, Elektronische Bibliotheken und Zeitungen. Die Leitbildansprüche gingen dabei weit über die seinerzeit technisch erreichbaren Nutzungspotentiale hinaus, auch noch, als die Internet-Pioniere hieran in den 70er Jahren anknüpften. Es zeigt sich auch hier, dass es einen permanenten Leitbildtransfer zwischen verschiedenen Techniken gibt und dass Pioniere einer Technik oft in Leitbildhorizonten früherer Techniken befangen sind. Wie folgenreich eine solche Vorprägung sein kann, belegen besonders gut die in der Fachöffentlichkeit und darüber hinaus propagierten Zielvorstellungen der Arpanet-Internet-Community.

Die Anknüpfung an die frühere Leitbildproduktion war dabei unterschiedlich. Die weitestgehenden Nutzungsvisionen entwickelten Joseph Licklider und Douglas Engelbart, d.h. jene Pioniere und Promotoren, die ihre Leitbilder schon lange vor Arpanet und Internet in der Time-Sharing-Ära entwickelt hatten. Licklider verband anfangs das „Library of the Future“-Konzept mit der Idee des Netzes der „Thinking Centers“ und der „Man Computer Symbiosis“ zu einem umfassenden Modell der Wissensversorgung und des kooperativen interaktiven Problemlösens [Li65]. Im Zentrum seiner Nutzungsvisionen standen 1962 „computer-aided teaching and learning“ sowie „computer-aided planning and design“ [LC62]. In der zweiten Hälfte der 60er Jahre löste er sich aufgrund der Erfahrungen des MAC- und INTREX-Projektes am MIT vom zentralvermittelten Versorgungskonzept und propagierte nun konsequent den Kommunikationsansatz von „on-line communities“ [LT68], den 1965 erstmals Overhage und Harman in einer Zukunftsvision für das Jahr 1975 dargelegt hatten [OH65]. Ähnlich erweiterte Engelbart Ende der 60er Jahre seine anfangs lokalen Groupware-Konzepte zur Vision eines umfassenden „Knowledge Market“, durch den die „social organisms“ ein grundlegend verbessertes „nervous system“ erhalten sollten [En70]. Beide Pioniere gaben zwar dem Arpanet eminent wichtige Anstöße, sie waren aber nicht unmittelbar an dessen technischer Genese beteiligt. Der engste Kreis der Erfinder und Entwickler von Arpanet und Internet äußerte demgegenüber in Artikeln, Memoranden und Tagungsbeiträgen in der Genesephase des Netzes nur recht begrenzte Zielvorstellungen. So sah Lawrence G. Roberts, der Designer der Arpanet-Architektur, das Netz in erster Linie als Mittel zur Rationalisierung der Ressourcennutzung. Ganz wie bei den frühen Pionieren der Time-Sharing-Systeme sollte das Netz vor allem der besseren Auslastung teurer Hardware-Ressourcen dienen, so zum Beispiel des Supercomputers ILLIAC IV, sowie der Nutzung von Software durch möglichst viele [RW70]. Erst bei den Anwendungskonzepten, die er ab 1974 nach seinem

Weggang von der ARPA im Rahmen seiner Spin-off-Firma Telenet entwickelte, tauchten „Electronic Funds Transfer“, „integrated corporate data networks“ und nationaler Datenbankabruf auf den Plan [Ro74]. Doch auch hier sollte Vernetzung vor allem die Skalenökonomie und Rationalisierung der bestehenden Geschäftsprozesse fördern. Wirklich originell war er dagegen mit seiner 1972 im Anschluss an das ALOHA-Datenfunknetz der Universität von Hawaii entwickelten Idee, die Nutzer künftig mit mobilen Hand Held Personal Terminals auszustatten und so den Computerzugriff flächendeckend anzubieten [Ro72].

Auch Robert Kahn, der 1972 als erster das Internetworking-Problem erkannte und das erste Architekturmodell des Internets entwarf, ging kaum über das Resource-Sharing-Konzept hinaus. Sein Hauptinteresse war darauf gerichtet, durch optimale Topologie und Funktionsschichtung die Gefahr von Blockaden und Zusammenbrüchen beim Massenzugriff auf das Netz und Zentralressourcen zu verhindern. Das Internet war für ihn ein „marketplace“ für computer-related-services großer kommerzieller oder institutioneller Time-Sharing-Zentren [Ka77, Ka78]. Er machte sich auch besonders militärische Anforderungen einer mobilen und satellitengestützten Computernutzung und erhöhten Robustheit und Ausfallsicherheit zueigen. Er traf sich da ganz mit Vinton G. Cerf, mit dem er 1972/73 die ersten TCP-Protokolle entwarf und der seit dem Ende der 70er Jahre die Rolle eines Chefkoordinators der Internet-Protokollentwicklung einnimmt. Denn auch für Cerf war das Hauptziel des Arpanet: „to share preexisting programs and data“ [CK74]. Er kritisierte sogar alle euphorischen Zukunftsvisionen der Time-Sharing-Community in der zweiten Hälfte der 60er Jahre und entwarf 1976 für das Internet bis zum Ende der 80er Jahre ein sehr begrenztes Einsatzszenario. Nur drei Dienste hielt er überhaupt für erfolgversprechend: den elektronischen Geldtransfer zwischen Banken, die bargeldlose Bezahlung am Point-of-Sale und Electronic Mail als reines Geschäftsmedium zum Ersatz für die teurere Briefpost. Home-Services wie Telelearning und Informationsabruf aus elektronischen Bibliotheken hielt er in absehbarer Zeit nicht für realisierbar [CC77]. Das Haupteinsatzfeld des Internets in den 80er Jahren, das Wissenschaftsnetz, wird bei ihm überhaupt nicht erwähnt. Cerfs ziviles Internet-Leitbild war ein reines Geschäftsmedium, das den papiergebunden Nachrichtenaustausch substituieren und die bestehenden Geschäftsvorgänge rationalisieren sollte.

Bezieht man Cerfs Vorträge und Aufsätze zwischen 1978 und 1983 mit ein, so scheinen ihm militärische Nutzungsaspekte sogar noch wichtiger gewesen zu sein. Er betonte jedenfalls in diesem Zeitraum besonders nachdrücklich die Übereinstimmung der Designkriterien der TCP-IP-Protokolle mit militärischen Anforderungen eines hochflexiblen, ausfallsicheren Datennetzwerkes für das automatische Gefechtsfeld: während das alte Arpanet wie auch die meisten europäischen Paketnetze durch ihr Festhalten an einer logischen Verbindung bei der Übertragung die „technical mobile or ocean-going computer communication“ nicht unterstützen würden, garantiere das Internetworking-Konzept ein Zusammenwirken auch heterogener Computernetze „in a robust and survivable fashion.“ [Ce79, S.288 f.]. Cerf war diese Interoperabilität zwischen Festnetzen und mobilen, sich selbst organisierenden Funknetzen, also der eigentliche Entstehungsanlass für sein und Kahns Internetworking-Programm, so zentral, dass er ihretwegen 1976 die gemeinsame Normungsaktion von ISO und IFIP verließ und zum Wortführer eines amerikanischen Alleingangs wurde. Mit dem zivilen Resource-Sharing zur computergestüt-

zen Automatisierung von Geschäftsprozessen und der militärischen Interoperabilität in zunehmend automatischen Central Command and Control-Systemen entsprechen Cerfs Anwendungsleitbilder noch eher der SAGE- und frühen Time-Sharing-Ära der 50er und 60er Jahre als der späteren Internetwelt.

Dieser allzu realistische Verzicht auf Visionen in der engeren Internet-Community bildete möglicherweise den Anlass dafür, dass sich Licklider 1978/79 noch einmal mit zwei Grundsatzartikeln über die zukünftige Nutzung von Computernetzen in die Debatte einschaltete. In ihnen breitete er die gesamte Palette möglicher Nutzungen aus, die bis zum Jahr 2000 zu einem „meta-market“ verschmelzen würden, für den er bereits den Begriff „computerized commerce“ verwendete. Dazu gehörten E-Mail, Teleconferencing, Bürokommunikation ebenso wie Telebanking, Telework, Telemedizin und unterschiedlichste elektronische „marketplaces“. Im Gegensatz zu Cerf sah Licklider das globale „information network“ auch als Basis der gesamten Wissensversorgung und als Austausch- bzw. Verbreitungsmedium für aktuelle Informationen. In einer allmählichen Evolution werde durch zunehmende „user initiative“ aus dem traditionellen Zeitungsmedium eine „user-dominated interaction with a whole-world knowledge base“ hervorgehen [LV78, S. 1336 Li79]. Dieses breite Nutzungsszenario des „network of networks“, für das er das Label „Multinet“ vorschlug, stellte Licklider in betontem Kontrast zu einem zweiten Zukunftsszenario, in dem im Jahr 2000 Monopolisten wie IBM und die großen Telekommunikations-Gesellschaften zusammen mit den Kontrollbedürfnissen von Behörden und Militärs ein offenes Netzwerk hintertrieben und die innovative Entwicklung der Computerkommunikation mit traditionellen Verwendungsmustern und Organisationsstrukturen blockierten [Li79].

Die bei allen entscheidenden Architektur- bzw. Protokolldesignern feststellbare Leitbildfixierung war höchst folgenreich für die ersten 1 1/2 Jahrzehnte des Arpanet und Internet. Da für den Fernzugriff auf Time-Sharing-Systeme und den Lastausgleich zwischen den vernetzten Rechenzentren kaum Bedarf bestand, produzierten die wenigen angeschlossenen Hosts kaum eine Netzlast. Überhaupt verlief die Anschlussbewegung sehr schleppend. Nach zwei Jahren waren gerade mal zwanzig Rechner am Netz und nach fünf Jahren sechzig und zum Zeitpunkt der Umstellung auf die neuen TCP/IP-Protokolle 1983 erst dreihundert. Überlastungstests waren so nur durch maschinell erzeugten Datenverkehr durchzuführen. Als junge Forscher über Mailinglisten heimlich ein Diskussionsforum für Science-fiction-Lovers betrieben, war dies den Netzverwaltern sehr willkommen, da endlich einmal Bewegung ins Netz kam.

Statt Resource-Sharing wurde der wildwüchsig von dem Forschungspersonal entwickelte Mailedienst schnell die wichtigste Anwendung des Arpanet. Da hierbei der Eigenbedarf vorherrschte, begnügten sich die Forscher mit sowohl primitiven als auch komplizierten Mailprogrammen, also mit typischen Von-Experten-für-Experten-Lösungen. Die Anschaltung, Programminstallation und Bedienung des Netzes waren derart umständlich und aufwendig, daß es für Nutzer außerhalb der engsten Computernetz-Community kaum in Frage kam. Das Arpanet war überhaupt noch kein Kommunikationsmedium, als solches mußte es von kritischen und unzufriedenen Nutzern erst geschaffen werden. Janet Abbate fällt daher über die ersten Jahrzehnte des Netzes das ziemlich vernichtende

Urteil, dass Nutzer in dieser Phase "the most neglected element" gewesen seien [Ab99, S. 83ff.]. Diese selber mussten sich erst ihr Medium schaffen.

Es ist daher kein Zufall, dass alle wesentlichen gebrauchtorientierten Innovationen nicht von der etablierten Elite der Netzentwickler kamen, sondern von Nutzern. Die Verbindung der Netzprotokolle mit dem offenen Betriebssystem Unix, das darauf aufsetzende Usenet mit den Newsgroups, das World Wide Web, die Browser- und Navigationssysteme und Suchmaschinen waren fast ausschließlich Innovationen aus dem Kreis der unmittelbaren Nutzer bzw. von Studenten und Graduierten der Computer Science oder anderen Wissenschaftlern, die in die Entwicklungsprozesse ihre eigenen Nutzungsbedürfnisse einbrachten. Der langfristige Erfolg des Internet beruhte so nicht allein auf den zweifellos immensen Pionierleistungen seiner Netzarchitekten und Protokolldesigner, wie es die heroische Geschichtsbetrachtung postuliert, sondern sehr wesentlich auf den Folgeinnovationen und -innovationen der "user community". Vint Cerf greift daher entschieden zu kurz, wenn er behauptet, "that the history of the net is the history of its protocols" [Sa95, S. 131]. Die Geschichtsmächtigkeit des "Netzes der Netze" basiert vielmehr gerade darauf, dass die Leitbildfixierung seiner Entwickler durch immer neue Gruppen von Nutzern überwunden wurde. Letztlich war es das eigenartige, nie offiziell geschlossene Bündnis zwischen Uniform und Turnschuh, das dem Internet seine überragende historische Bedeutung verlieh.

3 Die Genese der Netzwerkarchitektur und das Problem der Technikprägung

Der zweite Frage nach den Prägewirkungen von Akteurskonstellationen auf die Architekturen von Rechnernetzen stößt sofort auf einen merkwürdigen Widerspruch: Wie war es möglich, dass eine Netz- und Protokollarchitektur, die mit so begrenzten Zielvorstellungen geschaffen wurde, bis heute im wesentlichen unverändert blieb und nun ganz anderen Nutzungszwecken dient, während die als Dauerlösung für ein umfassendes Nutzungsspektrum konzipierte OSI-Architektur weitgehend zum Lehrmodell herabgesunken ist. Dahinter steht das Problem der konkreten Prägewirkung von Leitbildern und Akteurskonstellationen auf Systemarchitekturen, mit dem sich die Technikgeneseforschung seit längerem beschäftigt. Hier gibt es eine intensive Kontroverse zwischen den Anhängern einer frühen Schließung – sie stützen sich besonders auf mechanische und energetische Techniken – und den Vertretern eines Wechsels von Schließung und Öffnung, die ihre Beispiele vor allem aus den Informationstechniken holen. Ich möchte anstelle dieses etwas müßigen akademischen Streites das Problem der Prägung lieber auf die brisante Frage zuspitzen, inwieweit der militärische Entstehungskontext die zivile Nutzung beeinflusst oder gar beeinträchtigt hat. Wie konnte ausgerechnet ein von der Militärbürokratie des Pentagon initiiertes und ausgehaltenes Netz zum Tummelfeld der "kooperativen Anarchie" und Selbstorganisation werden? Warum haben sich zivile Netzarchitekturen wie die SNA der IBM und die vorwiegend europäische Initiative für eine offene Netzwerkarchitektur, aber auch Netze der Grassroot-Bewegung wie das Fidonet gegenüber dem Internet nicht durchsetzen können?

Eine plausible Erklärung für diesen Widerspruch ergibt sich m. E. aus der heterogenen Akteurskonstellation: Arpanet und Internet beruhten von Beginn an auf der Zusammenarbeit unterschiedlicher Communities. In das Design gingen zwar militärische Kriterien ein, aber diese dominierten niemals die gesamte Ausgestaltung der Netzarchitektur. Andererseits resultierten aus militärischen Anforderungen Designmerkmale eines offenen Netzes, die für die allgemeine bzw. globale zivile Nutzung günstiger waren als die im zivilen Bereich entstandenen Architekturen. So zeigt die Entwicklung von Netzarchitektur-Konzepten eine Entwicklung von rein militärischen Ansätzen zu Dual-Use-Konzepten und, damit einhergehend, eine zunehmende Durchmischung militärischer und ziviler Gestaltungsmerkmale. Am Beginn steht der für ein Atomkriegsszenario entwickelte Paketnetz-Ansatz von Paul Baran von der RAND Corporation. Zwischen 1959 und 1964 auf dem Höhepunkt des Kalten Krieges entstanden, sollte er die ausfallgefährdeten zentralistischen Netzarchitekturen der SAGE-Ära mit einem Hochsicherheitskonzept überwinden [Ba64]. Dieses war aber eine so hypertrophe, ja paranoide Alles-auf-einen-Streich-Lösung, dass sie überhaupt nicht finanzierbar war und auch vom Militär fallengelassen wurde. Das Arpanet setzte nicht unmittelbar bei Baran und militärischen Vorbildern an, Roberts erfuhr sogar erst Jahre später über das englische Forscherteam am NPL von dieser Entwicklung im US-Air Force-Bereich. Roberts und sein Team knüpften aber an topologische Problemstellungen an, die die Suche nach weniger ausfallgefährdeten Netzen in Gang gesetzt hatte.

Aber wichtiger als diese Kontinuität war die Verschiebung des Anwendungszwecks. Auf Anregung Lickliders wurde das Arpanet nämlich als ein Resource-Sharing-Netz zur Rationalisierung der Militärforschung und zum interaktiven Problemlösen entworfen. Sein genialer Schachzug war dabei: Eine junge Elite von Computer Scientists – er nannte sie schon 1962 sein „Intergalactic Network“ - sollte für sich selber ein Forschungswerkzeug schaffen, das sie von sich aus zur Kooperation und Ressourceneinsparung bringt [Wa01, S. 259 ff.]. Damit wurde ein sich selbst organisierendes *soziales* Netzwerk die Basis für das zu schaffende *technische* Netzwerk. Träger der Entwicklung waren so vor allem junge Assistenzprofessoren und Hochschulabsolventen, die von den frühen Open-source-Erfahrungen der Time-Sharing-Experimente geprägt waren, und die sich nicht einem dominanten Hersteller wie IBM oder den großen Telekom-Betreibern wie AT&T oder Western Union unterwerfen wollten, die sich aber auch nicht den rigiden Spezifikationen militärischer Behörden beugten. Aus dem Dual-Use-Charakter und der Selbstorganisation an der langen Leine des Pentagon ergab sich ein Lernprozess, der aus einem anfangs gegenüber den europäischen Paketnetzentwürfen höchst rückständiges Netzdesign eine am Ende überlegene Architektur entstehen ließ. Kennzeichen der Architekturgenese ist die Kombination von stärker militärisch orientierten *Topologieaspekten* mit der *Funktionsschichtung* der europäischen Netzwerkansätze. Der Wille, möglichst schnell über ein Kommunikationsmedium für den Eigengebrauch in der Forschung zu verfügen, förderte die Tendenz zur Quick-and-dirty-Lösung. Der Blick auf den Auftraggeber, das Department of Defense, wiederum zwang zu wirklich offenen Standards und zur Vermeidung des Netzchaos der Computerfreaks.

In der Entstehungsphase der Internetprotokolle geriet die Entwicklung zunächst wieder stärker unter militärische Einflüsse. 1975 übernahm das Militär das Arpanet sogar in direkte Obhut. Als IPTO-Chef in der DARPA verhinderte Cerf einen Internet-Standard,

der auf einer durchgängigen logischen Verbindung beruhte, wie sie die Telekom-Netzbetreiber forderten, aber ebenso alle komplizierten Universalstandard-Aspirationen, wie sie die OSI-Community in Europa verfolgte. Militärischen Anforderungen entsprach auch die Aufteilung des bisherigen komplexen TCP-Protokolls in zwei Schichten: In eine robuste Datagrammschicht für unzuverlässige Übertragungsnetze, das IP-Protokoll, und das TCP-Protokoll, das nachträglich durch die Endsysteme eine sichere Übertragung gewährleistete. Doch die Idee hierfür kam selber aus dem zivilen Bereich, nämlich aus der Überbrückung lokaler Netzwerke der Ethernets, bzw. aus dem französischen Forschungsnetz Cigales, ein Hinweis darauf, wie vorsichtig man mit allzu direkten Präungsaussagen sein muss.

Alle wesentlichen Architekturmerkmale, für die militärische Gründe angeführt wurden, erwiesen sich im Nachhinein auch als vorteilhaft für die schnelle Realisierung eines weltweiten Computernetzes:

- Die Annahme unzuverlässiger Übertragungsstrecken war nicht nur für das Gefechtsfeld günstig, sondern auch für Festnetze in den ehemaligen RGW-Staaten und Entwicklungsländern sowie für den mobilen Netzzugang.
- Die Unabhängigkeit der Protokolle von Eigenschaften der Transportschichten wirkte sich positiv bei der Einbeziehung neuer Übertragungstechniken aus.
- Die Forderung nach dem Zugriff auf alle öffentlichen Netze im Kriegs- und Spannungsfall machte die Internetwelt zu einer wirklich offenen Netzwelt auch im zivilen Bereich - mit allerdings nicht unproblematischen Folgen.
- Die konsequent dezentrale Netzsteuerung als Garantie für die „survivability“ vermied trotz erheblichen Netzwachstums bis heute gravierende Netzzusammenbrüche.

Das US-Militär wirkte darüber hinaus als machtvoll Normungsinstanz, die die „organisatorische Lücke“ (Kubicek) in der Computerkommunikation schloss. Die zivilen Akteure waren aufgrund der eigenen Unternehmensinteressen für einen so umfangreichen Normungsprozess nicht fähig oder bereit. Denn diese benutzten wie IBM und die proprietären Anbieter die Architekturen als Fangnetze für die Kunden oder fokussierten, wie die Fernmeldenetzbetreiber und die ihnen nahestehende CCITT, die Standardisierung auf ihre Transportnetzinteressen hin. Der umfassendste Normungsansatz des zivilen Bereiches wiederum, die OSI-Architektur, wollte alle nur denkbaren Gestaltungsvarianten technischer Kommunikationsbeziehungen in einer feingerasterten Modulhierarchie erfassen. Die Standardisierung wurde dadurch so komplex und vom guten Willen der konkurrierenden Akteure abhängig, dass sie dem militärischen Gebot der sofortigen Verfügbarkeit widersprach. Das Gateway-Prinzip des TCP/IP-Ansatzes erwies sich so als strategisch günstiger, da es lediglich die Übersetzungsprinzipien normte und das übrige unangetastet ließ.

Es kam dadurch zu einer Sonderentwicklung in der Geschichte großtechnischer Netzwerke: die Massenausbreitung erfolgte hier nicht über kommerzielle Skalenerkonomieen oder öffentlich-rechtliche Monopole, sondern über den Wissenschaftssektor. Dieser ver-

half den Benutzern und ihrer Selbstorganisation vorübergehend zum Sieg. Doch nun, nachdem Staat und Wissenschaft die Organisationslücke und die Anwendungslücke geschlossen haben und das offene Weltnetz hervorbrachten, übernimmt die Wirtschaft, die selbst dazu nicht in der Lage war, das Regiment in ihm. Doch damit beginnt ein neues Kapitel in der Geschichte des Netzes der Netze. Ob in ihm weiterhin das Netz der sich selbst organisierenden Akteure Geschichte macht oder ob die Wirtschaft das Netz vor allem für ihre Distributionszwecke nutzt und Politik und Militärs ihre Kontroll- und Herrschaftsambitionen durchsetzen, so dass am Ende doch das restriktive Negativszenario Lickliders triumphiert, das wird sich schon bald zeigen.

Literaturverzeichnis

- [Ab99] Abbate, J. E.: *Inventing the Internet*. Cambridge, MA 1999.
- [Ba64] Baran, P.: *On distributed communications*. RAND Corporation Research Documents, 11 Bde. 1964 (<http://www.rand.org/publications/RM/baran.list.html>).
- [BL99] Berners-Lee, T.: *Der Web-Report*. München 1999.
- [CC77] Cerf, V. G.; Curran, A., *The Future of Computer Communications*. In: *Datamation* 23 (1977) 5, S. 105-114
- [CC83] Cerf, V. G.; Cain, E.: *The DoD Internet Architecture Model*. In: *Computer Networks*, 7 (1983), S. 307-318 *How the Internet Came to Be*, in: Aboba, Bernhard (Hrsg.), *The Online User's*.
- [Ce75] Cerf, V. G.: *An Assessment of the ARPANET Protocols*. In: *Network Systems and Software (Infotech State of the Art Report 24)*, Maidenhead 1975, S. 462-4.
- [Ce79] Cerf, V. G.: *DARPA Activities in Packet Network Interconnection*, in: K. G. Beauchamp (Hrsg.), *Interlinking of Computer Networks*, Dordrecht, Boston, London 1979, S. 287-305.
- [Ce80] Cerf, V. G.: *Protocols for Interconnected Packet Networks*. In: *Computer Communication Review* 10 (1980) 4, S.10-57.
- [Ce81] Cerf, V. G.: *Packet Communication Technology*, in: Kuo, F. F. (Hrsg.): *Protocols and Techniques for Data Communication Networks*. Englewood Cliffs, N. J. 1981, S. 1-34.
- [Ce93] Cerf, V. G.: *How the Internet Came to Be*, in: Aboba, Bernhard (Hrsg.), *The Online User's*. Encyclopedia, Readings, Mass. u.a. 1993; Netzversion: <http://cra.org/research.impact>
- [CK74] Cerf, V. G.; Kahn, R. E.: *A Protocol for Packet Network Intercommunication*. In *Transactions on Communications*, COM-22 (1974) 5, S.637-648.
- [CL83] Cerf, V. G.; Lyons, R.E.: *Military Requirements for Packet Switched Networks and Their Implications, for Protocol Standardization*. In *Computer Networks* 7 (1983), S.293-306.
- [En70] Engelbart, D. C.: *Intellectual Implications of Multi-Access Computer Networks*. In *Proceedings of the Interdisciplinary Conference on Multi-Access Computer Networks*, Austin, TX, April 1970, als Netzversion: <http://www2.bootstrap.org/augment-5255.htm>
- [Go89] Gore, A.: *National High-Performance Computer Technology Act of 1989 Newsletter*, zit. in: Williams, F.: *The Information Infrastructure in Technopolis: The Intelligent Network*, in: Gibson, D. V.; Kozmetsky, G.; Smilor, R. W., *The Technopolis Phenomenon*. Smart Cities, Fast Systems, Global Networks, Boston 1992, S. 87-102.
- [Go91a] Gore, A.: *Infrastructure for the Global Village*, in: *Scientific American* (1991) 9, S. 108-111.
- [Go91b] Gore, A.: *Information Superhighways. The Next Information Revolution*, in: *The Futurist* 28 (1991) Jan/Febr., S. 21-23.
- [Gu98] Guice, J.: *Looking Backward and Forward at the Internet*. In *The Information Society* 14 (1998), S. 201-211.
- [HB68] Hooton, I. N.; Barnes, R.C.M.: *A standardized data highway for online-computer*

- applications. In AFIPS, Bd. 33, Fall Joint Computer Conference 1968, S. 1077-1087.
- [He96] Hellige, H. D.: Leitbilder im Time-Sharing-Lebenszyklus: Vom "Multi-Access zur "Interactive On-line Community". In: ders. (Hrsg.), Technikleitbilder auf dem Prüfstand. Das Leitbild-Assessment aus Sicht der Informatik- und Computergeschichte, Berlin 1996, S. 205-234
- [HH97] Hauben, M.; Hauben, R.: Netizens: On the History and Impact of Usenet and the Internet, Washington, Brüssel, Tokyo 1997
- [HL96] Hafner, K.; Lyon, M.: Where Wizards Stay up Late: The Origins of the Internet, New York 1996, dt. Ausgabe: ARPA KADABRA. Die Geschichte des Internet. Heidelberg 1997.
- [Gu98] Guice, J.: Looking Backward and Forward at the Internet. In The Information Society 14 (1998), S. 201-211.
- [Ka77] Kahn, R. E.: The Organization of Computer Resources into a Packet Radio Network. In: IEEE Transactions on Communications, Vol COM-25 (1977), S. 169-178.
- [Ka78] Kahn, R. E.: Resource-Sharing Computer Communications Networks. In: Proceedings of IEEE, 55 (1978) 11, S.1397-1407.
- [KL96] Kleinrock, L.: The Birth of the Internet. IN Leonard Kleinrock's Personal History. <http://millennium.cs.ucla.edu/LK/Inet/birth.html> (Stand 27.8.1996)
- [LC62] Licklider, J. C.R.; Clark, W. E.: On-line Man-Computer Communication. In: AFIPS Bd.21, SJCC 1962, S. 113-123.
- [Li65] Licklider, J.C.R.: Libraries of the Future, Cambridge, Mass. 1965
- [Li79] Licklider, J.C.R.: Computers and Government, in: Dertouzos, M. L.; Moses, J. (Hg.): Future Impact of Computers: A Twenty Year View. Cambridge, Mass. 1979, S. 87-126
- [LT68] Licklider, J.C.R.; Taylor, R. W., The Computer as a Communication Device , in: Science and Technology, Apr. 1968, wiedergedr. in: In Memoriam Joseph C.R. Licklider 1915-1990, Digital Research Center August 1990.
- [LV78] Licklider, J.C.R.; Vezza, A.: Applications of Information Networks. In: Proc. IEEE 66 (1978) 11, S.1330-1346
- [Ma71] Martin, J.: Future Developments in Telecommunications. Englewood Cliffs, N.J. 1971.
- [Ma78] Martin, J.: The Wired Society, Englewood Cliffs 1978.
- [Na00] Naughton, J.: A Brief History of the Future. The Origins of the Internet, London 2000.
- [N096] Norberg, A. L.; O'Neill, J.: Transforming Computer Technology. Information Processing for the Pentagon 1962-1986. Baltimore, MD 1996.
- [OH65] Overhage, C.F.J.; Harman, R. J.: The On-Line Intellectual Community and the Information Transfer system at M.I.T. in 1975, Intrex, Cambridge, Mass. 1965, S. 5-51; abgedruckt in: Kochen, M. (Hrsg.): The Growth of Knowledge, New York, London, Sydney 1967, S. 77-95.
- [Re97] Reid, R. H.: Architects of the Web. 1000 Days that Built the Future of Business. New York, Chichester, Weinheim 1997
- [Ro72] Roberts, L. G.: Extensions of Packet Communication Technology to a Hand Held Personal Terminal. In: AFIPS Bd.40, SJCC 1972, S.295-298
- [Ro74] Data by the Packet. In: IEEE Spectrum, Febr. 1974, S. 46-51
- [Ro78] The Evolution of Packet Switching. In: Proceedings of IEEE, 55 (1978) 11, S. 1307-13
- [RW70] Roberts, L. G.; Wessler, B. D.: Computer Network Developments to Achieve Resource Sharing. In: AFIPS, Bd.36, SJCC 1970, S.543-549.
- [Sa95] Salus, P. H.: Casting the Net: From ARPANET to Internet and Beyond. Reading, Mass. 1995.
- [Sm72] Smith, R. L.: The Wired Nation. Cable TV. The Electronic Communications Highway, New York 1972.
- [Wa01] Waldrop, M. M.: The Dream Machine. J. C. R. Licklider and the Revolution that Made Computing Personal, New York 2001.
- [WK97] Weyer, J.; Kirchner, U. u.a.: Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese, Berlin 1997