

Klaus Dittrich, Wolfgang König, Andreas Oberweis,
Kai Rannenberg, Wolfgang Wahlster (Hrsg.)

INFORMATIK 2003

Innovative Informatikanwendungen

Band 2

**Beiträge der 33. Jahrestagung
der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)**

29. September – 2. Oktober 2003 in Frankfurt am Main

Gesellschaft für Informatik 2003

Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings

Series of the German Informatics society (GI)

Volume P-35

ISBN 3-88579-364-4

ISSN 1617-5468

Volume Editors

Prof. Dr. Klaus Dittrich

Universität Zürich, Institut für Informatik
Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich
e-mail: dittrich@ifi.unizh.ch

Prof. Dr. Wolfgang König,

Prof. Dr. Andreas Oberweis,

Prof. Dr. Kai Rannenber

Universität Frankfurt, Institut für Wirtschaftsinformatik
Mertonstr. 17, D-60054 Frankfurt am Main
e-mail: {wkoenig|oberweis|rannenber}@wiwi.uni-frankfurt.de

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang Wahlster

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH
Stuhlsatzenhausweg 3, D-66123 Saarbrücken
e-mail: wahlster@dfki.de

Series Editorial Board

Heinrich C. Mayr, Universität Klagenfurt, Austria (Chairman, mayr@ifit.uni-klu.ac.at)

Jörg Becker, Universität Münster, Germany

Ulrich Furbach, Universität Koblenz, Germany

Axel Lehmann, Universität der Bundeswehr München, Germany

Peter Liggesmeyer, Universität Potsdam, Germany

Ernst W. Mayr, Technische Universität München, Germany

Heinrich Müller, Universität Dortmund, Germany

Heinrich Reiner mann, Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer, Germany

Karl-Heinz Rödiger, Universität Bremen, Germany

Sigrid Schubert, Universität Dortmund, Germany

Dissertations

Dorothea Wagner, Universität Konstanz, Germany

Seminars

Reinhard Wilhelm, Universität des Saarlandes, Germany

© Gesellschaft für Informatik, Bonn 2003

printed by Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn



Offene Systeme in der Frühphase des Internet

Michael Friedewald

Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
M.Friedewald@isi.fraunhofer.de

Abstract: Mitte der 1970er Jahre entwickelten Wissenschaftler und Ingenieure aus dem damals neuen Feld der Computerkommunikation das Konzept der „offenen Systeme“. Offenheit sollte dabei ein Konzept für die Gestaltung der technischen Aspekte eines Netzwerks sein, bei dem ein komplexes System in eine Vielzahl von kleinen und gut definierten und deshalb besser beherrschbaren Komponenten aufgeteilt wird. Da große technische Systeme nie allein der technischen Rationalität folgen, sondern auch soziale und ökonomische Interessen berührt werden, steht der Diskurs um „offene Systeme“ am Anfang einer noch nicht abgeschlossenen Debatte um die gestaltenden Kräfte im Internet [Fr00]

Es gibt vermutlich eine Vielzahl von Möglichkeiten, Interoperabilität bei technischen Systemen herzustellen. Das Konzept offener Systeme, das um 1975 entstand, ist eine dieser Methoden. Den Verfechtern dieser Idee gelang es bis Mitte der 1980er Jahre die wissenschaftlich-technische Community der Netzwerkentwickler davon zu überzeugen, dass Offenheit das wirkungsvollste Mittel für die Entwicklung interoperabler Netzwerke darstellt. Die Grundlage für diese Idee wurde von den Entwicklern des ARPANET gelegt, der militärisch finanzierten Keimzelle des heutigen Internets.

Bis 1972 kämpften die Entwickler des ARPANET damit, ein funktionsfähiges komplexes Datennetz zu realisieren. Dabei entwickelten sie eine effiziente Entwurfsstrategie, bei der sie das System zunächst geistig, später auch real in Schichten aufteilten. Eine dieser Schichten war für die Übertragung von Signalen über das physikalische Netz zuständig, eine weitere für die Kommunikation zwischen den an das Netz angeschlossenen Computern, den sogenannten Hosts, die dritte Schicht schließlich für den Datenaustausch zwischen bestimmten Anwendungsprogrammen. Obwohl die Trennung zwischen diesen drei Schichten anfangs nicht konsequent durchgehalten wurde, bildete sich immer mehr die Praxis heraus, Schichten als in sich abgeschlossene Module zu verstehen. Diese Module wurden durch die Definition der in ihnen realisierten Funktionen und ihrer Schnittstellen nach außen vollständig beschrieben. Diese Methodik erlaubte es zunächst, ein großes System wie das ARPANET innerhalb kürzester Zeit von Gruppen realisieren zu lassen, die über die gesamten USA verteilt waren. Als einige Jahre später Modelle für offene Kommunikationssysteme formuliert wurden, gehörte die idealisierte Aufteilung der Kommunikation in hierarchische Schichten längst zum Paradigma der Netzwerkentwickler. Die ARPANET-Entwickler verstanden ihre Protokolle lange Zeit nicht als möglichen offenen Standard für die Datenkommunikation. Für sie und das amerikanische Verteidigungsministerium stand pragmatisch bis Anfang der 1980er Jahre die Frage funktionierender leistungsfähiger Netzwerkprotokolle im Vordergrund. Erst im Zuge der



öffentlichen Diskussion um offene Kommunikationsprotokolle, wurden die Internet-Protokolle neu konzipiert und mit der Idee hierarchischer Protokollschichtung verbunden [Ki98, Ab00]. Dass sich diese Protokolle langfristig gegenüber allen anderen Konkurrenten durchgesetzt haben, ist eine der ironischen Wendungen in der Geschichte der Datenkommunikation.

Wie das ARPANET wurden auch die meisten anderen frühen Computer-Netzwerke von einer einzelnen Institution initiiert und ausgeführt. Bis Mitte der 1970er Jahre wurden im Zusammenhang mit der Verbindung solcher Netze zu einem transnationalen Internet neue technische, politische und ökonomische Fragen aufgeworfen. Schon bald konzentrierten sich die Debatten über die beste Methode für den Entwurf und die Verbindung von Netzwerken auf die Möglichkeiten technischer Standards. Damit die Einzelkomponenten eines heterogenen Systems zusammen arbeiten können, muss ihr Verhalten vorhersehbar und ihre Schnittstellen definiert sein. Die Geschichte der Protokolle für die Datenkommunikation ist deshalb in erster Linie eine Geschichte von Standardisierungsbemühungen.

Ein Katalysator für die Open-Systems-Bewegung waren die Bestrebungen einer Reihe von Nationen in Westeuropa sowie von Japan und Kanada, die Dominanz der US-amerikanischen Konzerne, insbesondere der IBM, auf dem Markt für Computernetze zu brechen. Außerhalb der USA fanden die Aktivitäten zum Aufbau überregionaler Datennetze ab 1974/75 überwiegend unter dem Dach der Post- und Telekommunikationsverwaltungen (PTTs) statt. Obwohl diese Netze zunächst einige wenige Großstädte in den jeweiligen Ländern miteinander verbinden sollten, war der rasche Aufbau eines großen flächendeckenden Netzes durchaus möglich, und auch ein internationaler Datenverkehr wurde als längerfristig sinnvoll erachtet. Es war den PTTs allerdings klar, dass diese Art der Netzbildung nur dann Erfolg haben würde, wenn man sich explizit auf bestimmte Standards für die Netzwerktechnik einigte, da sonst inkompatible Systeme entstünden. Deshalb begannen sie bereits 1973 mit Vorüberlegungen zur Entwicklung internationaler Standards für öffentliche Datennetze, und diese Aktivitäten verstärkten sich, als man daran ging, die ersten experimentellen Netzwerke aufzubauen [Qu90]. Ein wichtiges Motiv der öffentlichen Netzbetreiber für die Verabschiedung eigener Standards war ihr Wunsch nach Unabhängigkeit von den proprietären Netzwerkarchitekturen der großen Hersteller. Es bestand insbesondere die Sorge, dass die IBM ihre Position als Weltmarktführer dazu nutzen würde, die eigene Systems Network Architecture (SNA) als De-Facto-Standard durchzusetzen. Aus diesem Grund veröffentlichte beispielsweise die (staatliche) kanadische Telefongesellschaft Trans-Canadian Telephone System (TCTS) im Oktober 1974 die Mitteilung, TCTS habe mit der Entwicklung eigener Netzprotokolle für sein im Aufbau befindliches Datennetz begonnen. Dieses Netz basierte im wesentlichen auf IBM-Hardware. Als IBM Anfang 1975 SNA auf den Markt brachte, stellte TCTS nicht etwa auf die IBM-Netzwerkarchitektur um. Die kanadische Regierung erklärte vielmehr, man würde lieber kompatible und öffentlich verfügbare Protokolle nutzen, die auch den Einsatz von Hardware anderer Hersteller erlaubten. Kanada bzw. TCTS setzte also auf „offene Standards“, selbst wenn es diesen Begriff noch gar nicht gab. TCTS versuchte IBM davon zu überzeugen, seine Protokolle so zu verändern, dass sie diese Anforderungen erfüllten. IBM versuchte hingegen, TCTS dazu zu bringen, SNA so zu akzeptieren wie es war. Das Unternehmen argumentierte dabei, es sei für das Unternehmen nicht sinnvoll, seine Systeme für ein so kleines Marktsegment wie öffent-



liche Datennetze zu modifizieren. Dieser Konflikt schwelte weiter, bis Mitte 1975 eine Lösung von anderer Seite kam [Hi75a, Hi75b, Hi76].

Als Reaktion auf die Situation in Kanada und den raschen Ausbau von öffentlichen Datennetzen in vielen Ländern, beschloss eine Ad-Hoc-Arbeitsgruppe der internationalen Fernmeldeunion bzw. des Comité Consultatif International de Télégraphie et Téléphonie (CCITT) die Entwicklung eigener Protokolle, die es den Nutzern erlauben sollten, über standardisierte Verfahren eine Verbindung mit einem Datennetz herzustellen. Die Gruppe, bestehend aus Vertretern Kanadas, Frankreichs, Großbritanniens und der USA, stellte schließlich die Empfehlung X.25 vor, einen Satz von drei Protokollen, die im Jahr 1976 auch von den internationalen Standardisierungsorganisationen anerkannt wurde. Die Aktivitäten der CCITT brachte die Welt der Computerkommunikation nicht etwa zur Ruhe, denn sie schienen auf der einen Seite die Hegemonie von IBM anzugreifen und waren gleichzeitig inkompatibel zu den Protokollen des ARPANET. Die öffentliche Unterstützung der X.25-Bemühungen gaben dann schließlich das Modell für eine viel weiter reichende Aktivität ab, die die Schaffung offener Kommunikationssysteme zum Ziel hatten.

Mitte der 70er Jahre nahm sich schließlich die International Organization for Standardization (ISO) der Frage der Datenkommunikation an und ging in den nächsten Jahren daran, einen offenen Netzwerkstandard zu definieren. Dies widersprach in gewisser Weise der üblichen Vorgehensweise der ISO, die sonst immer „best practices“ aus dem zu standardisierenden Gebiet aufgriff und zum Standard erklärte. Diesmal war die Situation etwas anders, wie die Erfahrungen aus der Definition von X.25 gezeigt hatten. Die Nutzer wünschten Protokolle zur Herstellung von Interoperabilität, während die wichtigsten Hersteller nicht willens waren, interoperable Netzwerkprodukte anzubieten. In dieser Situation richteten ISO-Mitglieder aus Großbritannien, Frankreich, Kanada, Japan und den USA ein Unterkomitee ein, das eine Hersteller-unabhängige Datenkommunikations-Architektur mit dem Namen „Open Systems Interconnection“ (OSI) erarbeiten sollte. [ISO78: 60]. In einem offenem Datenkommunikationssystem sollte nach den Vorstellungen des Komitees Kompatibilität durch einen modularen Aufbau und die Verwendung nicht-proprietärer Technologien erzielt werden [ISO78:50]. Um eine modulare Architektur zu erzielen, wurde zunächst ein idealisiertes Modell der Computerkommunikation entwickelt [Fo83: 1331]. Das sogenannte OSI-Referenzmodell teilt die Datenkommunikation in sieben streng hierarchisch organisierte Schichten auf. Jede Schicht stellt der darüber liegenden eine bestimmte Funktionalität (Dienste) zur Verfügung, wobei das Protokoll einer Schicht die Dienste niedrigerer Schichten nutzt. Der OSI-Standard beschrieb, welche Schicht welche Funktionalitäten enthalten sollte und wie die Schnittstellen zwischen den Schichten aussehen sollten. Dahinter stand die Vorstellung, das OSI-Komitee werde im Laufe der Zeit existierende oder vorgeschlagene Protokolle auf ihre Konformität mit dem Referenzmodell überprüfen und standardisieren, so dass sich der ursprünglich leere Rahmen allmählich füllen würde.

Das OSI-Komitee ließ keinen Zweifel daran, dass sich seine Vorgehensweise ausdrücklich gegen die Strategien der Hersteller richtete, die ihre Systeme inkompatibel halten wollten. Der Vorsitzende des Komitees Hubert Zimmermann warnte, dass die Alternative zu den öffentlichen Standards der OSI nur die völlige Abhängigkeit von einzelnen Unternehmen sein könne: "The ‚free way‘ to compatibility is homogeneity: let your beloved manufacturer do it, he will always provide compatible equipments [sic] but he will also do his best to prevent any one else being able to do it!" [Zi76: 373] Offene



Kommunikationssysteme würden hingegen ein Gleichgewicht zwischen den Interessen von Anbietern und Nutzern herstellen, indem eine öffentliche und unparteiische Stelle – eben die ISO – die Kontrolle über entscheidende technische Spezifikationen ausüben sollte. Öffentliche Standards würden – zumindest theoretisch – die Kompatibilität zwischen den Netzwerkprodukten verschiedener Hersteller fördern und den Kunden unabhängiger von der Produktlinie eines einzelnen Anbieters machen.

Als die ISO im März 1977 das “Open Systems Interconnection Model” veröffentlichte, hatte dies eine sofortige Wirkung auf die öffentliche Diskussion und die Netzwerkpraxis. Durch die Autorität der ISO in allen Fragen der Standardisierung und ihren internationalen Einfluss wurde das OSI-Referenzmodell – zumindest in der Theorie – von den meisten Staaten als verbindlicher Standard übernommen. In den USA startete das National Bureau of Standards ein Programm zu “Open Systems Interconnections” und förderte seit 1983 IT-Unternehmen bei der Implementierung von OSI-Protokollen [B186: 32]. Das amerikanische Verteidigungsministerium erklärte schließlich 1987, man werde die OSI-Protokolle zum militärischen Standard erklären [La88]. Schließlich unterstützten auch die meisten nationalen Post-, Telefon- und Telegrafienverwaltungen das OSI-Modell, so auch die Deutsche Bundespost und sie versprachen, das Kompatibilitätsproblem des eigenen X.25 Standards zu lösen, das von der ISO als eines der “offenen” Netzwerk-Protokolle ausgewählt worden war. [Ro78, El81].

Die Netzwerkarchitekturen der wichtigsten Hersteller wiesen bereits vor der Veröffentlichung des OSI-Referenzmodells einen gewissen Grad von Modularität auf, die Definition verschiedener “Schichten” war aber nicht einheitlich. Um dem neuen Standard zu entsprechen änderten die Hersteller, die Schichteneinteilung ihrer Netzwerkarchitekturen in Übereinstimmung mit dem OSI-Modell [BC80: 420]. Europäische Hersteller waren besonders eifrig bei der Übernahme des ISO-Referenzmodells, da sie hofften, so der Dominanz amerikanischer Unternehmen auf dem Weltmarkt begegnen zu können. So schrieb ein europäischer Kommentator “in Europe [...] independently defined industry standards are seen as the last hope for saving what remains of the indigenous computer industry” [La85]. US-amerikanische Unternehmen begannen mit der Übernahmen des OSI-Standard teilweise auf Grund des Drucks, der von Kunden und der Regierung auf sie ausgeübt wurde und teilweise weil sie so Kunden umwerben konnten, die ein heterogenes Netzwerk aufbauen wollten. Vor allem kleinere Hersteller und solche, die bislang wenig in Netzwerktechnik investiert hatten, gehörten zu den vehementesten Verfechtern des OSI-Standards. Es ist wenig überraschend, dass IBM zögerlich war, OSI-kompatible Komponenten anzubieten. Das Branchenmagazin “Datamation” stellte hierzu fest: “IBM had hoped SNA would achieve complete dominance in the network architecture arena before the OSI standards organizations got their act together” [Pa85: 105]. Angesichts der Nachfrage nach kompatiblen Produkten entschloss sich IBM schließlich, für reine IBM-Netze weiterhin SNA den Vorzug zu geben, ansonsten aber auch OSI-konforme Produkte anzubieten.

In Wissenschaft und Forschung entwickelte sich das OSI-Modell rasch zum Maßstab, an dem Entwurf, Realisierung und Bewertung von Netzprotokollen gemessen wurden. Die Gliederung von Lehrbüchern orientierte sich seither an der hierarchischen Gliederung des OSI-Modells und die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten versuchten, die noch nicht ausgefüllten Nischen der OSI-Protokolle auszufüllen. Entwickler bekamen so bald das Gefühl, das ISO-Referenzmodell sei die „natürliche Ordnung“ von Kommunikationsnetzen. Trotz seines weit reichenden Einflusses war OSI sehr viel erfolgreicher



bei der Popularisierung der Idee offener Systeme als bei der Realisierung dieser Idee in Form von Protokollen. Ein Grund hierfür war, dass sich die ISO sehr viel Zeit bei der Definition und Auswahl konkreter Protokolle für die einzelnen Schichten ließ, während die existierende TCP/IP-Protokollsuite bereits zunehmende Verbreitung fand. Anstatt für jede Schicht zunächst ein Protokoll auszuwählen, tendierte die ISO dazu, jedes nicht-proprietäre Protokoll zu sanktionieren, das bereits einen großen Nutzerkreis gefunden hatte. Dies führte dazu, dass in manchen Protokollschichten mehrere alternative Lösungen unterstützt wurden. Die Koexistenz mehrerer „Standards“ macht es aber möglich, auf der Basis des ISO-Standards sehr unterschiedliche und vor allem inkompatible Netzwerklösungen zu entwickeln. Eine weitere Schwäche war die nur teilweise Akzeptanz der OSI-Protokolle in der Industrie. Während die OSI-Standards in einigen Protokollschichten sehr gut angenommen wurden und dort auch Interoperabilität herstellten, blieben andere Schichten unspezifiziert und unbenutzt. Die Designer der Internet-Protokolle waren den OSI-Protokollen gegenüber sehr zurückhaltend, da sie deren Architektur ablehnten, insbesondere die Definition und Organisation der einzelnen Schichten. Dies gibt einen Hinweis darauf, dass jedes noch so flexible System auch Grenzen errichtet. OSI wollte Netzentwicklern in jeder Schicht die Freiheit geben, aus einer Reihe von Alternativen das jeweils bestgeeignete Protokoll zu wählen, besaß aber keine Flexibilität hinsichtlich der Frage, welche Kombination von Protokollen ein komplettes Netzwerk ausmachen.

Was das Internet selbst betrifft, so verwendete es bereits die offenen und nicht-proprietären TCP/IP-Protokolle, die von der ARPA selbst entwickelt wurden und deren Abkömmlinge immer noch verwendet werden. Obwohl sie damit einen De-facto-Standard geschaffen hatten, nahmen sie die OSI-Entwicklung ernst genug, um auf eine Aufnahme der Internet-Protokolle in den offiziellen OSI-Standard hinzuwirken. Die wichtigste Wirkung von OSI auf die Entwicklung des Internets dürfte somit die Schaffung eines Bewusstseins für die Bedeutung offener Systeme gewesen sein. Die Internet-Entwickler wurden dazu veranlasst, ihre eigene – der Idee offener Systeme sehr ähnliche – Netzwerkphilosophie explizit zu artikulieren und andere von deren Vorzügen zu überzeugen.

Literaturverzeichnis

- [Ab00] Abbate, J.: *Inventing the Internet*. MIT Press, Cambridge, Mass., 2000.
- [BC80] Blackshaw, R. E.; Cunningham, I. M.: *Evolution of Open Systems Interconnection*. In (Salz, J. Hrsg.) *Proc. 5th Int. Conf. on Computer Communication*, Atlanta 1980. North-Holland, Amsterdam, New York, 1980. S. 417-422.
- [Bl87] Blanc, R. P.: *NBS Program in Open Systems Interconnection (OSI)*. In (Müller, G.; Blanc, R. P. Hrsg.): *Networking in Open Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1987 (Lecture Notes in Computer Science, 248), S. 27-37.
- [El81] Elias, D.: *Das Dienstleistungsangebot der Deutschen Bundespost für Datenverkehr: Stand und Entwicklungstendenzen*. In *Informatik Spektrum* 4, 1981, S. 3-10.
- [Fo83] Folts, H. C.: *Scanning the Issue: The Special Issue on Open Systems Interconnection (OSI) - New International Standards Architecture and Protocols for Distributed Information Systems*. In *Proceedings of the IEEE* 71, 1983, S. 1331-1333.
- [Fr00] Friedewald, M.: *Vom Experimentierfeld zum Massenmedium: Gestaltende Kräfte in der Geschichte des Internet*. In *Technikgeschichte* 67, 2000, S. 331-361.



- [Hi75a] Hirsch, P.: Canada Network Won't Take SDLC Protocol. In *Datamation* 3/1975, S. 121-123.
- [Hi75b] Hirsch, P.: World Accord Sought to Lock Out SNA. In *Datamation* 4/1975, S. 112-113.
- [Hi76] Hirsch, P.: Protocol Control: Carriers or Users? In *Datamation* 3/1976, S. 188-189.
- [Ki98] Kinkartz, S.: Die Entstehung des ARPANET und seiner Protokolle bis 1972. Studienarbeit, Lehrstuhl für Geschichte der Technik, RWTH Aachen, 1998.
- [La85] Lamond, F.: IBM's Standard Stand. In *Datamation* 3/1985 vom 1. Februar 1985, S. 106.
- [La88] Latham, D. D.: A DoD Statement on Open Systems Interconnection Protocols. Request for Comments 1039, Januar 1988.
- [OSI78] ISO/TC97/SC16-WG1: Provisional Model of Open-Systems Architecture. In *ACM Computer Communication Review* 8, Nr. 3, 1978, S. 49-62.
- [Pa85] Passmore, L.D.: The Networking Standards Collision. In *Datamation* 3/1985 vom 1. Februar 1985, S. 98-108.
- [Qu90] Quarterman, J. S.: *The Matrix: Computer Networks and Conferencing Systems Worldwide*. Digital Press, Bedford, 1990.
- [Ro78] Roberts, L. G.: The Evolution of Packet Switching. In *Proceeding of the IEEE* 66, 1978, S. 1307-1313.
- [Zi76] Zimmermann, H.: High Level Protocols Standardization: Technical and Political Issues. In (Verma, P. K. Hrsg.): *Proc. 3rd Int. Conf. on Computer Communication*, Toronto, 3-6 August 1976. ICCS, Washington, 1976, S. 373-375.