

# 40 Jahre Netzwerken im Rückspiegel

Ein Rückblick von Wilfried Wöber

**Meine Pensionierung mit Ende Juni 2016 ist wohl ein passender Anlass, um nach 42 Arbeitsjahren „im Netz“ Rückschau zu halten. Die erste Hälfte dieser Zeit (ich war damals an der Technischen Universität Wien beschäftigt) fiel noch in die Steinzeit der Datenkommunikation. Die zweite Hälfte, an der Universität Wien, war vor allem vom Siegeszug des Internet geprägt.**

Im Nachhinein betrachtet ist es erstaunlich, welche interessanten technischen Entwicklungen und Ereignisse ich miterleben und zum Teil auch mitgestalten durfte. Daher möchte ich im Folgenden einige – natürlich subjektiv ausgewählte – Stationen auf meinem Weg durch das Netzwerk beleuchten und die Entstehung jener Technologien nachzeichnen, auf die wir uns heute als „das Internet“ ganz selbstverständlich verlassen.

## 1974: LötKolben und Telefondrähte

Rund 15 Jahre vor der Erfindung des WorldWideWeb hatte eine Abteilung des EDV-Zentrums der TU Wien ein aus heutiger Sicht triviales Problem: Zur Datenerfassung bei Experimenten der Physik-Institute wurde ein Minicomputer ausgeschrieben und beschafft. Die Wahl fiel auf ein PDP-11-System von DEC (Digital Equipment Corporation), das im Bereich des TU-Hauptgebäudes in der Paniglgasse aufgebaut wurde. Ein anderer Minicomputer, eine IBM 1800, war bereits im Gebäudekomplex Gußhausstraße für Experimente und Messungen aus dem Bereich der Elektrotechnik im Einsatz. Naheliegenderweise wurde daher in der Ausschreibung auch eine Online-Verbindung zwischen diesen beiden Systemen bzw. Standorten gefordert.

Im Zuge der Installation und Abnahme der PDP-11 stellte sich dann allerdings heraus, dass der Lieferant nicht in der Lage war, eine Verbindung

zwischen den beiden verschiedenen Rechnern zu realisieren. Damals entwickelte nämlich jeder Computerhersteller seine eigene Systemarchitektur, die zwar innerhalb der eigenen Produktlinien eine gewisse Kompatibilität sicherstellte, aber mit Geräten anderer Hersteller nicht zusammenarbeitete. Die Unterschiede lagen dabei nicht nur in den Schnittstellen für die Peripheriegeräte, sondern auch in den Datenformaten im Hauptspeicher, den komplett unterschiedlichen Filesystemen und den verschiedenen elektrischen Ausführungen der Schnittstellen für die Rechner-zu-Rechner-Kommunikation.

Genau damit waren wir in diesem Fall konfrontiert: Das IBM-System und das DEC-System verwendeten an den seriellen Schnittstellen unterschiedliche elektrische Standards. Ethernet und Wireless LAN lagen noch in ferner Zukunft; die einzige uns zugängliche Übertragungstechnologie waren die paarweise verdrehten Kupferleitungen der Telefonie zwischen den TU-Gebäuden. Ein direktes Verbinden der Schnittstellen über die Drähte der Telefonanlage war aber aufgrund ihrer Inkompatibilität unmöglich – ähnlich wie es nicht ratsam wäre, einen für 110V Gleichstrom gebauten Haartrockner an eine Steckdose mit 230V Wechselstrom anzuschließen.

## Erste Erfolge

Die Lösung des Problems lag im Design und Eigenbau von Umsetzern, die die elektrischen



Digital PDP-11 Minicomputer

Signale an die jeweils geforderten Parameter an den Schnittstellen der beiden Systeme anpassen. Damit konnte dann ein Drahtpaar aus den Anschlüssen für die Telefone angeschaltet und Daten seriell in eine Richtung zwischen den Rechnern gesendet werden. Für die Gegenrichtung, also um Daten zu empfangen, waren ein zweiter Signalumsetzer und ein zweites Drahtpaar notwendig. Dass auch noch ein selbstgebasteltes kleines Programm auf beiden Rechnern laufen musste, war nur eine unwesentliche Nebenfront. Immerhin konnten wir nun Daten online austauschen!

## Im Rausch der Geschwindigkeit

Nach mehreren Verbesserungen auf allen Ebenen waren wir schließlich in der Lage, Informationen mit einer Geschwindigkeit von ein paar hundert Bauds (1 Baud = 1 Nutz-Bit pro Sekunde) bis zu wenigen tausend Bits pro Sekunde zu übertragen, bevor uns das Telefonsystem technische Grenzen setzte.

Die Kombination aus Telefondrähten, Signalumsetzern und weiterentwickelten eigenen Programmen ermöglichte mittelfristig die Übertragung von Programmen, Programmteilen und Messdaten zwischen den dedizierten Mikrocomputern, die nach und nach direkt bei den Experimenten zur Steuerung eingesetzt wurden, und dem zentralen System.

Das alles erforderte aufgrund der beschränkten Bandbreiten recht viel Zeit, war aber doch eine wesentliche Verbesserung im Vergleich zum damaligen Stand der Technik – nämlich die Programme für die Micro-PDP-Systeme am zentralen System zu entwickeln, zusammenzubauen und in Erasable Programmable Read-Only Memories (EPROMs) zu „brennen“.

Dafür waren spezielle Geräte notwendig, der Ladevorgang nahm erhebliche Zeit in Anspruch, und die Speicherchips mussten sequenziell nacheinander programmiert werden. Wenn der Inhalt der Speichermodule geändert werden sollte (z. B. um einen Fehler im Programm zu beheben), wurden die EPROMs unter einer starken UV-Lampe eine Weile „gegrillt“ und dadurch gelöscht; danach konnten sie wieder neu programmiert werden.

Auch wenn die Umsetzung heute archaisch anmutet: Die Online-Verbindung der Microcomputer und das Online-Laden von Programmen boten damals neue Möglichkeiten für die Wissenschaft, um Experimente zu steuern bzw. um Daten in Echtzeit zu erfassen und später weiterzuverarbeiten. Wir waren aber selbstverständlich nicht die einzige Gruppe, die mit solchen oder anderen Ansätzen Pionierarbeit leistete. Unsere klobigen Werkzeuge wurden daher nach und nach von universeller einsetzbaren Programmen wie z. B. Kermit abgelöst.

## Jeder kocht sein eigenes Süppchen

In unserer Abteilung „Prozessrechenanlage“ des EDV-Zentrums der TU Wien lag der Schwerpunkt anfangs auf der Unterstützung der Institute bei der Kontrolle von Experimenten, der Erfassung von Messdaten und der Auswertung von Ergebnissen. Dabei kamen primär Rechner von IBM und DEC zum Einsatz. Mit der Zeit drängten in der noch jungen IT-Welt aber auch neue Anwendungen und Anbieter auf den Markt. An der TU Wien gingen damals z. B. Systeme für CAD (Computer Aided Design) zur Entwicklung von Leiterplatten in Betrieb.

Mit der Zahl der Bewohner des „Technologie-Zoos“ wuchs auch die Notwendigkeit, digitale Informationen online auszutauschen – zuerst innerhalb einer Systemarchitektur oder Anwendung, später auch zwischen unterschiedlichen Rechnern. Das entpuppte sich als große Herausforderung, denn wie bereits erwähnt verfolgte praktisch jeder Hersteller einen eigenen Ansatz bezüglich der Protokolle und Lösungen für „sein“ Netzwerk: IBM entwickelte die Token-Ring-Technik und SNA (Systems Network Architecture), DEC setzte auf eine Reihe von Verbindungstechniken und DECnet als gemeinsame Softwarelösung, Apollo pflegte den Apollo-Ring. Den Weitverkehr dominierten die Telekom-Anbieter von Synchron-Schnittstellen (für Standleitungen) und X.25 (für dynamisch aufgebaute Verbindungen).

## 1980: Ethernet wird geboren, aber ...

Ein ganz wesentlicher Meilenstein in dieser Zeit

war die Spezifikation von Ethernet, die 1980 durch ein Konsortium aus Xerox, Intel und DEC als Standard für eine herstellerunabhängige Local Area Network-Technologie veröffentlicht wurde. Die Eckpunkte dieser Spezifikation waren: Vergabe einer global eindeutigen Seriennummer („MAC-Adresse“) für jedes Interface, Absicherung der Datenübertragung durch eine Prüfsumme und Standardisierung eines Coax-Kabels als „shared medium“ für die Signalübertragung. Kurze Zeit später erschien die nachgebesserte Ethernet-Version II, die ursprünglich für 10 Mbit/s und eine maximale Paketgröße von 1500 Byte ausgelegt war.

Die meisten Firmen stellten relativ rasch Ethernet-Schnittstellen für ihre Geräte zur Verfügung, sodass sich diese Technik bald allgemein durchsetzte. Die anfänglichen Einschränkungen (teure Coax-Kabel, aufwendige Anschlussprozedur, geringe Maximalentfernung) wurden durch die Weiterentwicklung der relevanten IEEE 802-Standards überwunden, die billigere Leitungen, höhere Geschwindigkeiten, Full-Duplex-Betrieb und später auch die Funktechnik spezifizierten.

Während Ethernet auf der Netzwerkebene hinsichtlich Kompatibilität und Bandbreite einen Quantensprung darstellte, blieben die übergeordneten Software-Architekturen der Hersteller weiterhin unterschiedlich. Das führte dazu, dass in der Regel mehrere Protokolle nebeneinander über dasselbe Kabelsystem betrieben werden mussten. Der Datenaustausch zwischen diesen Parallelwelten erfolgte über sogenannte Gateways (meist kostenpflichtige Software oder spe-

zielle Vorschaltrechner) bzw. im Extremfall über externe Datenträger wie z. B. Magnetbänder.

Dessen ungeachtet ebnete das weit verbreitete, erschwingliche und später auch sehr schnelle Ethernet den Weg für Workstation-Cluster, redundante Rechenzentren und zentralisierte Massenspeicher. Auch die TU Wien setzte – wie viele andere Universitäten und Forschungszentren – sehr früh auf Ethernet als LAN-Technologie. Die Datenübertragung mittels Telefondrähten oder fix geschalteten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen Gebäuden wurde damit zu einem Stück Geschichte, dem niemand wirklich nachweinte.

## Internationale Verbindungsaufnahme

In den 1980er Jahren existierten und entstanden rund um uns verschiedenste Netzwerke und Projekte, die die Zusammenarbeit diverser Forschungsgemeinschaften vereinfachen sollten. Gekennzeichnet waren diese Aktivitäten dadurch, dass sie meist eine bestimmte Netzwerkarchitektur voraussetzten und/oder von namhaften Herstellern unterstützt wurden. Nachfolgend werden (ohne Berücksichtigung der zeitlichen Abfolge) jene Netze kurz vorgestellt, die den größten Einfluss auf die Entwicklung unseres nationalen Netzwerkumfelds hatten.

### BITNET, EARN, EASINET (IBM)

An vielen Universitäten und Forschungseinrichtungen wurden damals IBM-Großrechner als zentrale Systeme („Hosts“) betrieben. Die Rechenaufgaben („Jobs“) der Benutzerinnen und

Benutzer wurden in den Host eingespielt und dann im Stapelbetrieb nacheinander abgearbeitet. Wollte man – z. B. im Rahmen einer größeren Forschungsk Kooperation – einen Job an einem „fremden“ Standort abarbeiten lassen, musste man die Programme bzw. Daten zunächst auf Lochkarten oder Magnetbändern dorthin transportieren. Der Ruf nach Netzwerkverbindungen zwischen den Hosts wurde folglich immer lauter.

Mit Unterstützung von IBM begannen daher die Bildungs- und Forschungsorganisationen, ihre IBM-Hosts durch Standleitungen zu verbinden – meist über das Telefonsystem mit 9,6 kbit/sec, später auch schneller. Als Kernkomponenten dienten die IBM-Netzwerkarchitektur und das Modell des Network Job Entry (Rechenaufgaben wurden aus der Ferne übermittelt und in die Warteschlange zur Abarbeitung eingereiht). Darauf aufbauend konnten elektronische Post und die Übertragung von Datenbeständen als Services genutzt werden.

In Nordamerika entstand auf diese Weise BITNET und in Europa EARN (European Academic Research Network). EARN war insbesondere für jene Universitäten wichtig, die einen Zentralrechner von IBM verwendeten; die erforderlichen Protokolle zur Teilnahme an diesem Netzwerk waren aber auch für andere Rechner und Betriebssysteme verfügbar. Der „nationale EARN-Knoten“ für Österreich befand sich an der Johannes Kepler Universität Linz und war mittels einer 64 kbit/s-Standleitung mit dem CERN in Genf (und von dort aus mit dem BITNET) verbunden. Über viele Jahre hinweg wurden anschließend

auch Universitäten in Osteuropa mit „donated equipment“ versorgt und an Netzwerkknoten in Zentral- und Mitteleuropa angeschlossen – wenn möglich über Standleitungen, sonst über Satellitenlinks.

Eine Weiterentwicklung dieser Aktivitäten war EASINET (European Academic Supercomputer Initiative, ebenfalls von IBM unterstützt). Im Rahmen dieses Projekts realisierte die Universität Wien 1990 eine 64 kbit/s-Standleitung zum CERN in Genf. Von dort konnte die transatlantische Verbindung zum NSFnet in den USA mitbenutzt werden. Für relativ lange Zeit war dies eine der beiden 64 kbit/s-Standleitungen über die Landesgrenzen hinaus; die zweite versorgte den EARN-Knoten in Linz.

### HEPnet/SPAN (DEC)

Ein anderer wichtiger Netzverbund wurde als „High Energy Physics Network“ und „Space Physics Analysis Network“ aufgebaut: HEPnet/SPAN basierte auf der DECnet-Architektur, die auf allen Systemen der Digital Equipment Corporation (DEC) als Standard implementiert war. Deshalb war dieses Netzwerk nicht nur für PhysikerInnen relevant, sondern für alle Forschungsorganisationen mit DEC-Rechnern. Insbesondere in den technischen Wissenschaften setzte man viele Jahre lang auf DEC – im Bereich der Datenerfassung und Prozesssteuerung kamen hauptsächlich PDP-11-Systeme unter dem Betriebssystem RSX, später VAX/VMS-Systeme und Workstation-Cluster zum Einsatz. Der große Vorteil der DECnet-Architektur war die vollständige Integration der Netzwerkfunktionen in die

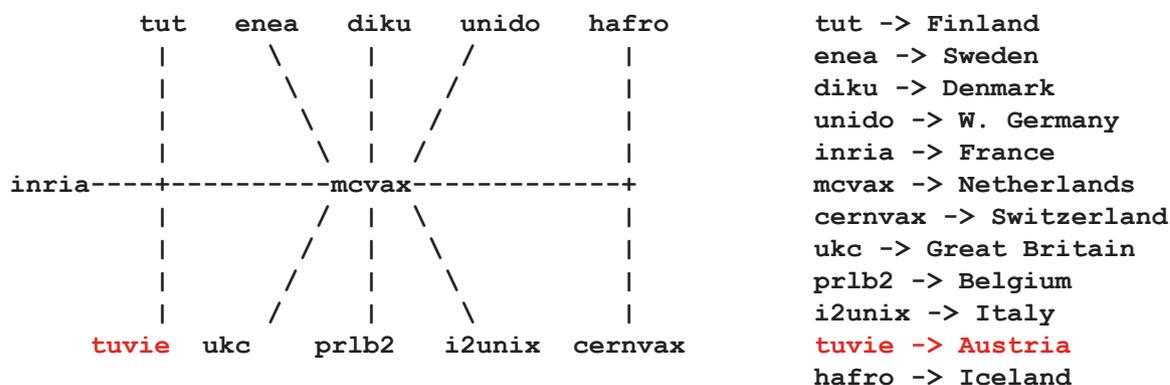
Betriebssysteme und in die Filesysteme. In diesem homogenen Umfeld war es einfach, Daten auf anderen Knoten im Netz zu speichern oder über das Netz mit lokalen Programmen Daten auszuwerten, die auf anderen Knoten verfügbar waren.

Allerdings bekam DECnet im Laufe der Zeit gravierende Probleme mit der Skalierbarkeit. Zum einen befanden sich alle Netzknoten in einem unstrukturierten Namensraum, ebenso wie das damals auch im EARN/BITNET und im noch jungen Internet der Fall war. Man musste sich daher auf Konventionen für die Namensvergabe einigen – z. B. begann der Knotenname aller DECnet-Knoten der TU Wien mit dem Buchstaben E. Zum anderen war der numerische Adressraum nur 16 Bits „breit“, also theoretisch für die Unterscheidung von maximal 64K (=  $2^{16} = 65536$ ) Knoten ausgelegt. In der Praxis waren aber deutlich weniger Rechner im Netzverbund konfigurierbar, weil einige Bits für die Unterscheidung von 63 „areas“ mit jeweils maximal 1023 Knoten reserviert waren. Ähnlich wie später im Internet (Stichworte: RFC 1918, Private Addresses) wurden daher oft „hidden areas“ konfiguriert, aus denen dann über dedizierte Knoten Verbindungen mit eindeutigen Adressen zum Core Network aufgebaut werden konnten.

### Usenet (Unix)

Parallel zu diesen Netzen, die von den jeweiligen Herstellern stark beeinflusst und teilweise auch finanziell unterstützt wurden, entwickelte sich ab 1979/80 ein von proprietären Systemen unabhängiges „poor man’s network“: Usenet,

This is the European backbone (mcvax feeds all of them):



European Usenet Backbone, Stand: Dezember 1987

das Unix User Network. Die Kernkomponente dieses Verbundes war uucp (unix to unix copy), seine wichtigsten Services waren elektronische Post und Newsgroups.

Im Sommer 1985 nahm die TU Wien (unterstützt durch ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung) einen Usenet-Backbone-Knoten für Österreich in Betrieb. Es handelte sich dabei um eine PDP-11 mit Ultrix, der DEC-Version von Unix, die den Namen „tuvie“ erhielt. Die Verbindungen zu den anderen Usenet-Knoten wurden über Telefonleitungen, über den DATEX-P-Dienst der Post und Telekom Austria (PTA) sowie über eine Verbindung zum Vermittlungssystem des damaligen Interfakultären EDV-Zentrums in Wien abgewickelt.

### Babylonischen Protokollverwirrung

Inmitten all dieser interessanten Entwicklungen im Bereich der Übertragungstechnik suchte man verständlicherweise intensiv nach Möglichkeiten, die Systeme verschiedener Hersteller zu einer für alle Benutzerinnen und Benutzer

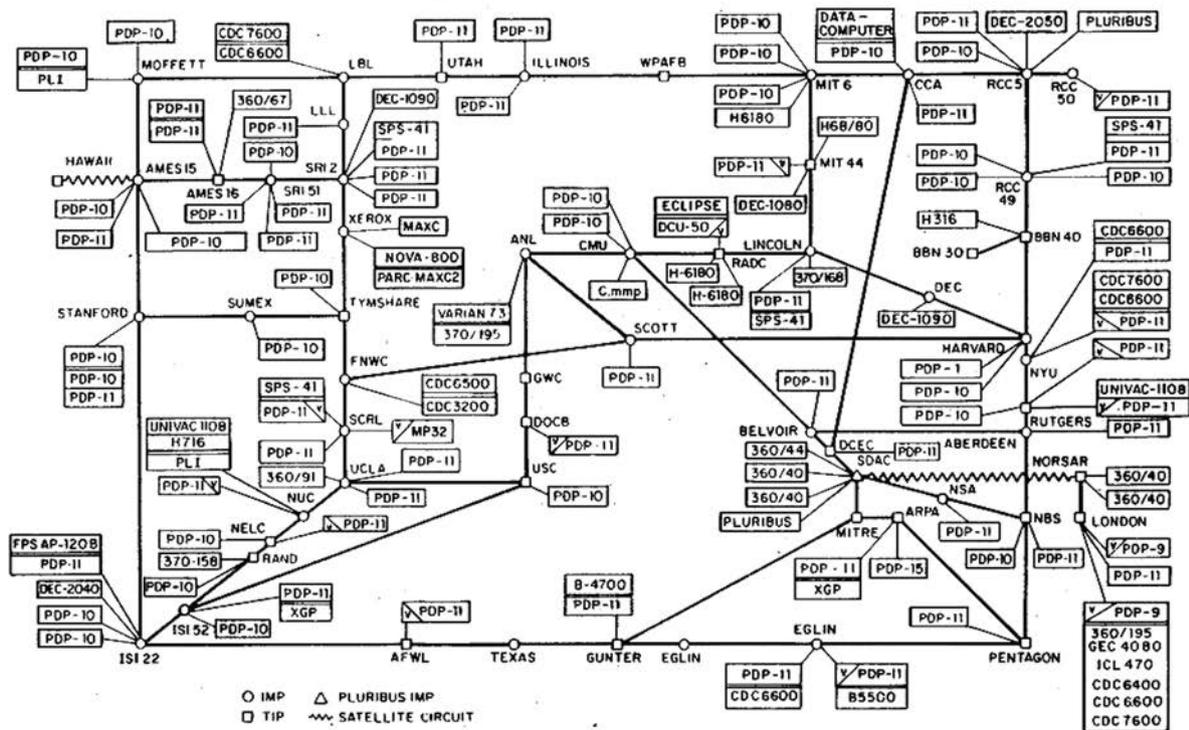
homogen verwendbaren Umgebung zu verbinden.

### ISO/OSI

In Europa wurde dafür das Modell der Open Systems Interconnection (OSI) favorisiert. Dieses basierte auf einem Satz mächtiger Standards, die von der ISO (International Organization for Standardization) und der ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector) gemeinsam entwickelt wurden. Das OSI-Modell war und ist aus theoretischer Sicht faszinierend, insbesondere durch seine klare, umfassende Definition von Abstraktionen und durch die Aufteilung der Netzwerkfunktionen auf sieben übereinander gestapelte Schichten („ISO/OSI-7-Schichtenmodell“).

Damals galt OSI zudem als politisch korrekt, weil es im Gegensatz zum nachfolgend beschriebenen ARPANET nicht dem Dunstkreis des amerikanischen Militärs entstammte. Beim Versuch der Umsetzung unter dem Namen EuropaNET entpuppte es sich aber leider als sehr komplex und aufwendig in der Implementierung – zahl-

ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



(PLEASE NOTE THAT WHILE THIS MAP SHOWS THE MOST POPULATION OF THE NETWORK ACCORDING TO THE BEST INFORMATION OBTAINABLE, NO CLAIM CAN BE MADE FOR ITS ACCURACY)  
 NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

reiche unvorhergesehene Probleme und Verzögerungen waren die Folge.

## ARPANET

Das amerikanische Pendant wurde parallel dazu im Auftrag einer Abteilung des US-Verteidigungsministeriums (konkret der Defense Advanced Research Projects Agency, kurz DARPA) entwickelt. Es setzte wie OSI auf Paketvermittlung, jedoch auf ein einfacheres Datenübertragungsmodell, die „TCP/IP Protocol Suite“ (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Das reale Ergebnis dieses Projekts hieß zunächst DARPANET, später ARPANET, noch später NSF-net. Es wurde kontinuierlich weiterentwickelt und für Teilnehmer aus Wissenschaft und Forschung – auch außerhalb der USA – zugänglich

gemacht. Herzstück dieses Netzwerks waren anfänglich die sogenannten IMPs (Interface Message Processors), eine Art „Vorrechner“, an die die Backbone-Leitungen angeschlossen wurden. Die IMPs stellten die notwendigen Anpassungen und Umsetzungen für jene Systeme bereit, die TCP/IP nicht selbst implementiert hatten, und kümmerten sich um die Wegesuche und entsprechende Weiterleitung der Datenpakete. Sie waren somit auch die ersten Router.

## Ebone

Während man in Nordamerika mit TCP/IP rasche Fortschritte machte, wuchs in der europäischen Forschungsgemeinde der Frust: Für gemeinsame Projekte mit Partnerorganisationen aus den USA benötigte man Netzwerkdienste; der Aufbau von



fundamentales Problem mehr, weil sich TCP/IP mittlerweile allgemein durchgesetzt hatte und bereits TEN34 als europaweiter IP-basierter Backbone für die nationalen Wissenschaftsnetze zur Verfügung stand. TEN34 und später TEN155 wurden im Rahmen des Programms „Trans European Networks“ von der EU gefördert.

## Goldene Zeiten

Aus meiner (natürlich subjektiven) Sicht waren die 15 Jahre zwischen 1992 und 2007 eine Art „goldenes Zeitalter“ für die Netzwerkerei – wohl auch weil ich an einigen hochinteressanten Projekten mitarbeiten und sie aktiv mitgestalten durfte. In diese Periode fallen Planung, Aufbau und Weiterentwicklung von Ebone, aber auch das von der EU-Kommission geförderte Projekt 6net mit seinem formalen Beginn (nach längerer Vorbereitung) im Jahr 2001.

Ziel von 6net war der Aufbau eines europaweiten Netzwerks auf Basis der „neuen“ Protokoll-Familie IPv6. Die im Rahmen der umfangreichen Tests gewonnenen Erkenntnisse waren sowohl für die Weiterentwicklung der Funktionen und Konfiguration von IPv6 (Adressierung, Routing, DNS) als auch für den Aufbau des IPv6-Pilotbetriebs im AConet enorm wichtig.

Neben dem Siegeszug von Ethernet und von TCP/IP als universellen Übertragungsprotokoll für fast alle Anwendungen fand in diesem Zeitraum auch die Verbreitung von Lichtleitertechnik im Weitverkehrsbereich statt. Der diesbezüglich wichtigste Meilenstein im AConet-Umfeld war die Unterzeichnung des Rahmenvertrags zwi-

schen der Universität Wien und der Telekom Austria AG im Juli 2007, mit dem der Ausbau des Wissenschaftsnetzes auf Basis von Glasfaserstrecken durch ganz Österreich in die Wege geleitet wurde.

## Entstehung: RIPE NCC und CERT

Auch im Bereich der Infrastruktur konnten wesentliche Aktivitäten geplant und umgesetzt werden, ohne die ein Netzwerkbetrieb heute nicht mehr vorstellbar wäre:

Für die Vergabe und Registrierung von IP-Adressen und Autonomous System Numbers wurde als (weltweit erste) Regional Internet Registry das RIPE NCC in Amsterdam als eigenständige Organisation etabliert. Damit konnten Vergabe und Administration eindeutiger Adressen von Europa aus in einem geordneten, hierarchischen System angeboten werden. Die nationale Local Internet Registry „at.aconet“ wurde 1993 in Kooperation mit dem RIPE NCC eingerichtet und versorgt seither die AConet-Teilnehmerorganisationen mit eindeutigen Kennungen.

Eine andere wichtige „Baustelle“ lag im Bereich der Netzwerksicherheit: Im Laufe der Zeit entstanden immer mehr Computer Emergency Response Teams (CERTs). Solche CERTs können bei sicherheitsrelevanten Vorfällen im Internet geordnet und vor allem rasch reagieren, Gegenmaßnahmen ergreifen und diese – auch über die Grenzen von einzelnen Netzwerken hinaus – koordinieren.

Als Kommunikationsplattform, primär für CERTs

aus dem akademischen Bereich, wurde bereits 1999 die TF-CSIRT (Task Force Computer Security Incident Response Teams) unter der Schirmherrschaft von TERENA gegründet. Diese Gruppe ist immer noch sehr aktiv. Obwohl sie relativ bald eigene Statuten, ein Steering Committee und eine (fast) unbegrenzte Lebenszeit zugestanden bekam, ist der Begriff „Task Force“ im Namen erhalten geblieben. Das AConet-CERT war hier von Beginn an involviert, und ich wurde für mehrere Amtsperioden in das Steering Committee gewählt.

Im Kontext der TF-CSIRT wurde auch ein Trainingsprogramm namens TRANSITS entwickelt, das den Aufbau von neuen CERTs oder die Schulung von neuen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in solchen Teams durch Kursunterlagen und Trainingsmodule unterstützt. Aufgrund meiner Aktivitäten als TRANSITS-Trainer, die mich einmal sogar zu einem Kurs für Banken nach Südafrika führten, gelang es mir auch einige Male, solche Schulungen nach Wien zu bringen.

Eine wesentliche Unterstützung für diese Veranstaltungen kam vom mittlerweile gegründeten nationalen Team CERT.at, das als Informationsdrehscheibe für andere österreichische Teams fungiert, aber z. B. auch gemeinsam mit dem Bundeskanzleramt das Service GovCERT ins Leben gerufen hat.

In der Rückschau ist es faszinierend, wie viele dieser Services heute als essenziell empfunden und regelmäßig genutzt werden, obwohl sie vor geraumer Zeit in ganz kleinem Rahmen gestartet wurden!

## Und AConet?

Wie bereits beschrieben, waren in den Anfangszeiten der Netzwerkei viele Dienste nur innerhalb einer Systemarchitektur bequem zu nutzen. Für besonders beliebte Services (z. B. E-Mail) gab es meist Gateways; für manche andere Funktionen existierten Client-Softwarepakete für verschiedene Plattformen, die aber oft eher mühsam zu bedienen waren.

Abgesehen davon betrieben viele Universitätsstandorte Rechner von verschiedenen Herstellern – ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter benötigten daher Zugang zu mehreren Netzen. Auch in Österreich wurde deshalb schon früh darüber nachgedacht, wie die Unterschiede in den Systemarchitekturen in den Griff zu bekommen wären und wie die nationalen Wissenschafts- und Forschungsinstitutionen mit einer gemeinsamen Infrastruktur versorgt werden könnten.

Das Ergebnis dieser Überlegungen war die Gründung des ACONET-Vereins (1986) und der Aufbau von AConet (1990). Die erste Variante einer landesweiten Infrastruktur bestand aus einem privaten Netz mit Übergängen in den DATEX-P-Dienst der Post und Telekom Austria (PTA).

Als Topologie wurde ein einfacher Ring aus fixen Verbindungen durch Österreich gewählt, als Zugangsprotokoll X.25, und die verfügbaren Bandbreiten betragen anfangs 9,6 kbit/s, später 64 kbit/s. Im Rahmen eines internationalen Projekts entstand dann IXI (International X.25 Interconnect), das eine einheitliche Adress-Struktur

für öffentliche und private X.25-Netze einführte. Über diesen Weg war z. B. auch das Palo Alto Research Center (PARC) von uns aus erreichbar.

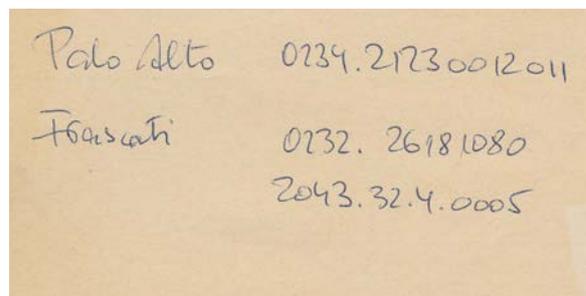
### SMDS - ISDN - ATM - WDM

Einer der kapitalen Stolpersteine war die Tatsache, dass das X.25-Protokoll und seine technischen Umsetzungen nicht in der Lage waren, den rasant steigenden Bedarf an Bandbreite zu unterstützen. Deshalb wurden die Standleitungen und X.25 im Jahr 1994 durch das SMDS (Switched Multi-Megabit Data Service) der PTA abgelöst, das eine Bandbreite von 2 Mbit/s bot.

Schon damals war es wichtig, im Netzwerk eine gewisse Redundanz zu haben oder zumindest einen Notbetrieb aufrechterhalten zu können. Bei Ausfall einer SMDS-Verbindung wurden daher Backup-Wege über ISDN dynamisch aufgebaut.

Auch SMDS/ISDN konnte den Hunger nach Bandbreite nicht lange befriedigen. Daher wurde in den Jahren 1996 und 1997 ATM (Asynchronous Transfer Mode) als Transportprotokoll im AConet eingeführt – zum Teil schon über Fiber-optik-Wege.

ATM war eine Weiterentwicklung des Konzepts von fix oder dynamisch geschalteten Verbindungen zwischen Endpunkten. Um die verschiedenen Prioritäten unterschiedlicher Dienste zu unterstützen, wurden alle Pakete – egal ob Sprache, Massendaten oder Multimedia – zu gleich großen (bzw. kleinen) Datenkonfetti geschreddert, sodass man z. B. Sprachschnipsel zwi-



X.25 Adressen Forschungszentren in Palo Alto und Frascati.

schen die Klötzchen eines Filetransfers mischen konnte.

Grundlage dafür war ein Format von jeweils 53 Bytes großen Paketen, die jeweils 48 Bytes Nutzdaten aufnehmen konnten; die restlichen 7 Bytes wurden für Ziel- und Steuerinformationen verwendet. Im Endeffekt entpuppten sich allerdings auch bei ATM die architektonisch vorgegebenen Beschränkungen, der Betriebsaufwand und der Overhead als unüberwindbare Hürden – die Komplexität dieser Technologie war rückblickend ein Geburtsfehler.

Ab 2001 wurde daher gezielt auf den Einsatz von Lichtleitern und Gigabit-Ethernet übergegangen. Auch im Weitverkehrsbereich und bei Unterseekabeln verdrängten die Faseroptik-Kabel die Kupferwege. Im Moment sieht es so aus, als wäre damit für eine Weile ein Wachstumspfad verfügbar: 10 Gbit/s ist mittlerweile etablierter Standard, 100 Gbit/s ist bereits verfügbar, an noch höheren Geschwindigkeiten wird geforscht und getestet. Zudem können mittlerweile auch

bereits bestehende Wege durch Wavelength Division Multiplexing (WDM, die gleichzeitige Übertragung von Datenströmen auf verschiedenen Frequenzbändern oder „Farben“) in der Kapazität aufgerüstet werden.

### Persönliche Worte

Erst mit etwas zeitlichem Abstand wird erkennbar, wie wichtig ein stabiles Umfeld für den Erfolg solcher Projekte und Entwicklungen ist. Das umfasst nicht nur Geld, Zeit und Equipment, sondern auch immaterielle Dinge wie Motivation, geringe personelle Fluktuation in den Projektteams und inhaltliche Unterstützung für die Projektziele durch das jeweilige Management bzw. die übergeordneten Organisationen.

Vor dem Aufkommen von „ordentlichem“ Projektmanagement, kleinteiligen Strukturen von Arbeitspaketen sowie regelmäßigen Reports und Reviews war diese Kontinuität ein entscheidender Faktor für das Gelingen von Projekten über die Grenzen von Institutionen, Ländern und Zeitzonen hinweg.

Im Bereich der IT-Security waren und sind darüber hinaus der persönliche Kontakt zwischen den involvierten Menschen, Handschlagqualität und gegenseitiges Vertrauen unverzichtbar, im Extremfall kann es sogar lebenswichtig sein.

Ich bin unendlich dankbar, dass ich dieses gegenseitige Vertrauen und die uneingeschränkte Bereitschaft zur Zusammenarbeit über all die Jahre hinweg im AConet-Umfeld erleben durfte. Genauso faszinierend und interessant

waren (und sind) die Kontakte zu Kolleginnen und Kollegen aus zahlreichen Ländern von allen Kontinenten, mit denen ich immer wieder für eine gewisse Zeit am gleichen Strang ziehen durfte und von denen viele zu Freundinnen und Freunden geworden sind.

Es war eine spannende Zeit, es hat fast immer sehr viel Spaß gemacht, und wir haben gemeinsam einige Projekte verwirklicht, die die heutige IT-Welt maßgeblich beeinflusst haben.

Mein Dank gilt ganz besonders auch den Kolleginnen und Kollegen im AConet-Team, denen ich weiterhin viel Erfolg bei allen zukünftigen Aktivitäten wünsche!



**Wilfried Wöber**

Ansprechpartner  
Security, Training & Consulting