

Die Vernetzung an der Universität Hannover

Vorbemerkungen

Betrachtet man im Rückblick den Zeitraum von 1970 bis 2005, also 35 Jahre Vernetzung an der Universität Hannover, erscheinen einem die einzelnen Entwicklungsschritte eigentlich alle logisch und konsequent. Betroffene werden sich aber sicherlich noch gut erinnern, wie schwierig es in diesen 35 Jahren war, einigermaßen sichere Prognosen über zukünftige Entwicklungen des „networking“ abzugeben. Wer hätte gedacht, dass der Anschluss der Universität Hannover an das Deutsche Forschungsnetz – und damit auch ans Internet – innerhalb von 10 Jahren von 64 kBit/sec auf 155 MBit/sec, und damit um den Faktor 2000 (!) wachsen würde? Wer hätte vorhergesehen, dass die Transferraten auf einer kupfernen Teilnehmeranschlussleitung von ca. 100 Bit/sec auf 1 GBit/sec ansteigen? Und wer hätte vorhergesagt, dass das „Internetwork Protocol“ (IP) einmal zum weltweiten de facto-Standard wird? In der Folge wird, auf die Jahrzehnte heruntergebrochen, ein Abriss der wesentlichen Ereignisse und Entwicklungen zur Vernetzung an der Universität Hannover in diesen 35 Jahren gegeben.

Die 70er Jahre

Ausgangssituation

Die Entscheidung zur Unterbringung des RRZN in der Wunstorfer Str.14 ist gefallen. Damit ist das RRZN weit von den Kernstandorten der Universität entfernt. Wie soll der Zugang für die Benutzer aussehen? Zwei Dinge sind notwendig:

- Das neue Rechnersystem des RRZN muss über Möglichkeiten der Datenfernübertragung (DFÜ) verfügen.
- Das RRZN benötigt „Netzverbindungen“ zwischen dem Standort Wunstorfer Str. 14 und den anderen Standorten der Universität.

Anfang der 70er Jahre bieten die Großrechnerhersteller erste, herstellereigenspezifische Möglichkeiten zum Fernzugriff auf die Zentralrechner an. Prof. Wehmeier, der die Fachaufsicht über die Fernsprechkentrale der Universität hat, hatte in weiser Vorsorge für die Verlegung eines 600-paarigen Telefonkabels zur Wunstorfer Str. 14 gesorgt und ist sofort bereit, dem Rechenzentrum entsprechende Aderpaare für Datenübertragungszwecke zu überlassen. Er war übrigens stets ein besonderer Förderer bei den Vernetzungsaufgaben des RRZN, bei denen immer wieder auf Telefondrahtverbindungen zurückgegriffen werden muss, um auch entlegene Standorte der Universität Hannover anschließen zu können.

Die Anfänge

Mit der Eröffnung des Benutzerbetriebes der Control Data CYBER 73 im Jahr 1972 gibt es zwar auch noch Benutzerräume mit Schreibblöcken in der Wunstorfer Str. 14, aber das Novum ist, dass die Benutzer nun auch fast von ihren Institutsstandorten aus den Zugriff auf die RRZN-Rechenanlagen bewerkstelligen können: das RRZN hat Stapelstationen auf Standorte der Universität verteilt, die mit Kartenleser und Drucker über Telefondrahtverbindungen mit 4.800 Bit/sec (bps) angebunden sind. Zusätzlich beginnt das RRZN, ca. 50 Datenterminals vom Typ Teletype 500 an ausgesuchten Standorten der Universität zu installieren. Sie erlauben den Dialogzugriff mit 10 Zeichen/sec auf die CYBER 73. Über den Lochstreifenstanzer dieser Geräte können die Benutzer z.B. ihr Fortran-Programm abstanzen und dann über den Lochstreifenleser zum Zentralrechner übertragen. Die

Übertragung erfolgt mit Modems vom Typ Sematrans 201 (max. 300 bps, duplex) für die Teletype und Sematrans 1001 (max. 4.800 bps, halbduplex) für die Stapelstationen.

Besonders gefragt sind bei den Benutzern die vom RRZN in sog. Terminalräumen aufgestellten Bildschirmterminals. Es sind „Monster von Bildschirmröhren-Geräten“, die die Tastatur-Eingabe weiß auf dunklem Grund darstellen. Die sog. 713-Bildschirmterminals arbeiten mit asynchroner Übertragung von 300 bps, besonders gefragt sind aber die sog. 711-Terminals, die im sog. „multi-user-mode“ mit 4.800 bps arbeiten. Sie verwenden dazu das sog. UT200-Protokoll, ein hersteller-spezifisches Übertragungsprotokoll, das im sog. Aufrufbetrieb die einzelnen Geräte einer Gerätegruppe bedient.

Eine besondere Herausforderung ist die Installation einer schnellen Stapelstation (HSBT, „high speed batch terminal“), die für den Schwerpunkt Callinstr. vorgesehen ist. Sie benötigt eine Übertragungsrate von ca. 40.000 bps, um die max. Lese- und Druckgeschwindigkeit zu erreichen, und dies über eine Leitungslänge von ca. 3-4 km. Mit Modems der Firma Racal Milgo kann diese Aufgabe zufriedenstellend gelöst werden.

Nun muss man sich bewusst machen, dass zu dieser Zeit das Post- und Fernmeldewesen hoheitliche Aufgaben sind. Die Möglichkeit, Daten über Leitungswege zu übertragen, muss bzgl. der technischen Bedingungen und der Tarifierung erst noch geregelt werden. Die TKO (Telekommunikations-Verordnung) sieht dafür letztlich den „Hauptanschluss für Direktruf (HfD)“ und den „Privatanschluss für Direktruf (PfD)“ vor. HfDs sind festgeschaltete Punkt zu Punkt-Verbindungen des öffentlichen Netzes (Direktverbindung), PfDs entsprechende private Leitungen, z.B. Leitungen eines Nebenstellennetzes wie das der Universität. Zum Glück hat die Universität zur Versorgung der ca. 150 Hochschulstandorte mit Nebenstellenanschlüssen des Telefonnetzes ein gut ausgebautes Telefonnetz, so dass in vielen Fällen dem RRZN mit Leitungsbereitstellungen des Nebenstellennetzes geholfen werden kann. Aber auch diese PfDs werden tarifiert und müssen mit dem Datum der Inbetriebnahme und der Transferrate zur entsprechenden Tarifierung der Deutschen Bundespost gemeldet werden.

Erste Engpässe

Nach der anfänglichen Euphorie über die ersten Schritte der DFÜ werden zunehmend etliche Engpässe erkennbar:

- Die Kommunikationsvorrechner (Multiplexer CD 791 und Speichersystem CD 7077) haben eine limitierte Anschlusszahl, für asynchrone Terminals eine auf 300 bps limitierte Transferrate und einen limitierten Gesamtdurchsatz. Übertragungsraten mit 110 bps (Teletype) sowie 300 bps (713 Bildschirm) erweisen sich schnell als zu gering. Am Markt werden asynchrone Terminals mit z.B. 1200 bps angeboten. Solche Geräte sind bei den Benutzern natürlich schnell gefragt. Wie kann das RRZN diese Anschlusswünsche unterstützen?
- Jeder PfD, also jedes angeschlossene asynchrone Endgerät, belegt einen Anschluss (Port) am CD 791 Multiplexer. Die Portzahl ist bald erschöpft. Wie können die Anschlussmöglichkeiten erhöht werden?

- Die Übertragungswege sind durch einzelne Endgeräte schlecht ausgenutzt. Das fällt besonders bei teuren HfDs des öffentlichen Netzes ins Gewicht. Möglichkeiten zur Vielfachausnutzung der Übertragungswege sind gefragt.

Die Maßnahmen zur Beseitigung dieser Engpässe sind mit dem Begriff „Konzentrorteknik“ zu beschreiben. Am RRZN wird ein Leitungskonzentrator (UT200-Konzentrator) entwickelt, um schnelle, asynchrone Terminals im Multiuser-Modus des UT200-Protokolls betreiben zu können. Das ermöglicht den Anschluss schnellerer Endgeräte bei gleichzeitiger besserer Leitungsausnutzung und Ersparnis von Ports. Das UT200-Protokoll dient auch zum Anschluss von Fremdrechnern.

Ende der 70er Jahre installiert das RRZN das sog. PACX-System, ein System, über das sich Benutzer von ihren Terminals aus auf die Rechnersysteme des RRZN mit einem Modem **einwählen** können. Das ermöglicht zum einen die Definition von Zugangsklassen und weiterhin eine Konzentration von Anschlüssen (n Benutzer haben Zugang auf m Anschlüsse, mit $m < n$). Durch Eingabe der gewünschten Zugangsklasse am Modem kann ein Benutzer das gewünschte Ziel, z.B. ein bestimmtes Rechner-system, erreichen. Zwar zeigen sich immer mal wieder Engpässe, weil die Benutzer Methoden entwickeln, sich Zugänge auf Dauer zuzuordnen. Insgesamt muss der Einsatz des PACX-Systems aber als Erfolg angesehen werden, der in der Universität ausgebrochenen Flut von Anschlusswünschen zu begegnen.

Fehlende Standards

Ein weiteres Problem wird in den 70er-Jahren deutlich: Außer dem Einsatz asynchroner Terminals, die zeichenweise im Start/Stop-Verfahren übertragen, gibt es keine herstellerübergreifenden Standards für die Datenübertragung. Alle Hersteller haben ihre eigenen, spezifischen Protokolle. Standards für die Ermöglichung einer „offenen Kommunikation“ über Hersteller Grenzen hinweg sind nötig. Das RRZN hat daran ein besonderes Interesse, ist es doch als **regionales** Rechenzentrum besonders gefordert, Rechenleistung auch für andere Wissenschaftseinrichtungen in Niedersachsen zur Verfügung zu stellen. Idealerweise erfolgt dies über eine Rechner – Rechner Kopplung. Erforderliche Maßnahmen werden im NALWR (Niedersächsischer Arbeitskreis der Leiter wissenschaftlicher Rechenzentren) bereits diskutiert, und Ende der 70er Jahre führt dies zur Entwicklung des sog. ALWR-Protokolls. Damit können Stapelprogramme von entfernten Rechnern übermittelt und die Druckausgabe zurückgeleitet werden. 1978 wird mit diesem Protokoll der Verbundbetrieb im NRV (Niedersächsischer Rechnerverbund) eröffnet.

Die 80er Jahre

Während sich in den 70er Jahren die sog. DFÜ auf herkömmliche Netze wie z.B. das Telefonnetz und seine Leitungswege abstützt, entwickelt sich in den 80er Jahren eine eigene, noch parallele Leitungsinfrastruktur. Ethernet kristallisiert sich als dominantes Übertragungsverfahren in den neuen, sog. „lokalen Netzen“ heraus. Im Weitverkehrsbereich gibt es mit X.25 eine international standardisierte Lösung. Erste Erfahrungen mit der Nutzung von herstellerunabhängigen Diensten wie DFN-Dialog und DFN-RJE (remote job entry) werden gesammelt.

X.25-Paketvermittlung

1980 führt die Deutsche Bundespost den DATEX-P-Dienst ein, ein auf dem internationalen Standard X.25 basierender Paketdienst in öffentlichen Netzen. Die max. Anschlussrate ist 64kbps, das entspricht ungefähr der Datenrate, die ein 1000-Zeilen-Drucker benötigt. Auch das RRZN befasst sich mit der X.25-Technik. Für den Einsatz im universitären Datennetz wird ein X.25-Paketvermittlungs-

Knotenrechner beschafft und erprobt. Aufbauend auf dieser Technologie erarbeitet das RRZN ein erstes Strukturkonzept für die Vernetzung an der Universität.

Siemens Verwaltungsrechner S.7536

Mit der Installation des Siemens-Verwaltungsrechners S.7536 im Jahr 1981 zeigt sich erneut die Problematik der herstellereigenen Kommunikation: für die S.7536 muss ein separates Rechnernetz aufgebaut werden. Einige Mitarbeiter und Benutzer benötigen dann zwei unterschiedliche Terminals am Arbeitsplatz.

DFG-Projekt „Hyperchannel“

Mit dem DFG-Projekt „Hyperchannel-LAN“ sammelt das RRZN erste Erfahrungen mit schnellen sog. lokalen Netzwerken (LAN, local area network) in einer heterogenen Systemumgebung. Der Hyperchannel ist ein proprietäres LAN der Firma Network Systems und hat eine Transferrate von 50Mbps. Das RRZN Strukturkonzept sieht zu dieser Zeit auf der obersten Ebene eine busorientierte Hochleistungskopplung für Rechner und Peripheriegeräte durch den Hyperchannel vor, in den Netzebenen darunter z.B. die X.25-Vermittlungstechnik und nachfolgend drahtgebundene Anschlüsse für die Endgeräte. Mit der Kopplung von IBM-kompatiblen Magnetbandlaufwerken der Firma Storage Technology an die Control Data Cyber-Anlagen über den Hyperchannel werden sehr gute Erfahrungen gemacht.

Ethernet 1.0

Im September 1980 wird die Version 1.0 der Ethernet-Spezifikation von Digital Equipment, Intel und Xerox veröffentlicht, eines busorientierten LAN mit einer Transferrate von 10Mbps. Als 1985 der Ethernet-Standard auch als internationaler Standard (ISO/DIS8802/3) verabschiedet wird, wird er binnen kurzer Zeit von über 100 Firmen unterstützt. Diese breite Unterstützung ist ein wesentlicher Grund für die Erfolgsgeschichte des Ethernet, die 1980 beginnt und für den Nutzer zu preisgünstigen Vernetzungslösungen führt.

Zwischenschritt EHKP

Das OSI-Referenzmodell für Netzwerkprotokolle wird 1984 von der ISO als Standard veröffentlicht. Mit dem Standard X.25 sind z.B. für öffentliche Netze die unteren drei Schichten spezifiziert. Da Spezifizierung und Implementierung der oberen OSI-Schichten (4 – 7) nur langsam voranschreitet, legt das Bundesministerium des Inneren (BMI) für die öffentliche Verwaltung als Zwischenlösung die Implementierung der sog. EHKP-Protokolle (Einheitliche Höhere Kommunikations-Protokolle) fest. Die Deutsche Telekom verwirklicht dies z.B. mit dem Service „Bildschirmtext“. Das RRZN erwägt eine Zeitlang auch, die EHKP-Protokolle aufsetzend auf einem lokalen X.25-Paketvermittlungsnetz einzusetzen.

Das Deutsche Forschungsnetz DFN entsteht

1981 erfolgt ein Vorschlag des Hahn-Meitner-Instituts Berlin (HMI) zum Aufbau eines Norddeutschen Rechnerverbundes. Die Idee ist, die im Rahmen der Fördervorhaben BERNET und HMINET entstandene Kommunikations-Software auf gleichartige Rechnersysteme in Hannover, Hamburg, Bremen und Kiel zu übertragen und damit einen norddeutschen Rechnerverbund zu etablieren. Diese Idee wird vom BMFT aufgegriffen mit dem Vorschlag, ein **flächendeckendes Wissenschaftsnetz** in der Bundesrepublik zu implementieren. Ab 1982 beginnt die Planung zum Aufbau eines deutschen Forschungsnetzes (DFN). Vorbilder sind z.B. das CSNET (computer science network) in den USA und das JANET (joint academic network) in England. Als Basis der Weitverkehrsverbindungen soll das

X.25-Netz der Deutschen Telekom dienen. Ab 1985 ist auch das RRZN am DFN-Dialogdienst X.3/X.28/X.29 und am DFN-RJE-Dienst beteiligt (siehe auch DFN-Mitteilung 1, 1985).

Das RRZN zieht um

Allgemein hat sich bis Mitte der 80er Jahre in vielen Wissenschaftseinrichtungen der Plan verfestigt, Ethernet als lokale Netzwerklösung einzusetzen. Das RRZN hat für die eigenen Planungen allerdings ein gravierendes Standortproblem: der vom Kernbereich der Universität entfernte Standort Wunstorfer Str. 14 lässt eine hochschulweite Ethernet-Vernetzung kaum zu. Glücklicherweise entscheidet die Universität, das RRZN zukünftig in der Schloßwenderstr.5 unterzubringen, im ehemaligen Druckerei-Gebäude der Firma König & Ebhardt. Damit kehrt das RRZN in den Kernbereich der Universität Hannover zurück. Dieser Standortwechsel ist ganz entscheidend für den Aufbau der zukünftigen Netzinfrastruktur an der Universität Hannover.

Ein Strukturkonzept für die Vernetzung der Universität

Die technologische Entwicklung des Ethernet ermöglicht inzwischen auch den Einsatz über Glasfaserstrecken. Die Firma Hirschmann bietet hierzu mit sog. Sternkopplern und optischen Transceivern eine für das RRZN geeignete Lösung.

Bei den Erkundungen zum Nachfolge-Rechnersystem zur CYBER 73/CYBER 76 kann Control Data mit dem sog. CDCNET mit einer interessanten Lösung aufwarten: mit dem CDCNET bietet Control Data Ethernet-Kopplungen für seine Rechner und über sog. Terminal-Server die Anschlüsse für Endgeräte in einer weiterhin proprietären Lösung an. Damit lässt sich immerhin eine verteilte Netzinfrastruktur auf Ethernet-Basis an der Universität Hannover realisieren.

Mitte der 80er Jahre hat sich damit schrittweise ein gewisses Grundkonzept für die zukünftige Netzinfrastruktur an der Universität herausgebildet:

- Glasfaserstrecken als private bzw. angemietete Faserbündel zur Erschließung der einzelnen Gebäudestandorte der Universität,
- Gebäudedatenverteiler (GDVT) zur Verteilung der Netzinfrastruktur auf einzelne Gebäudeteile (z.B. Etagen),
- Etagendatenverteiler (EDVT) mit Netzkomponenten zur Versorgung der Endgeräte auf der Etage über Kupferkabel bzw. Koax-Kabel.

1984 werden die ersten Glasfaserkabel zwischen der Schloßwenderstr.5 und den Standorten Callinstr. und Welfengarten verlegt und zusammen mit der Firma Hirschmann in Betrieb genommen. Die Frage der höheren Kommunikationsprotokolle für eine herstellerübergreifende Kommunikation bleibt zu diesem Zeitpunkt noch offen. Nach der Installation der Cyber180-Systeme in der Schloßwenderstr.5 wird die Ethernet-Netzinfrastruktur 1986 zum Betrieb des CDCNET für die Endgeräteanschlüsse in Benutzerräumen und Instituten eingesetzt.

Ende der 80er Jahre erfolgen die Installation der ersten CISCO-Router im RRZN-Datennetz und der Einsatz von IP-Services.

EARN

Mitte der 80er Jahre bietet IBM seinen Kunden im Wissenschaftsbereich die kostenlose Nutzung des elektronischen Postdienstes EARN/BITNET an. Durch die Installation einer IBM 4381 im Jahr 1986 kann die Universität Hannover auch an diesem Dienst teilnehmen.

Die 90er Jahre

Die 90er Jahre stehen im LAN-Bereich im Zeichen einer Technologiediskussion (ATM versus Ethernet) und einer teils leidenschaftlichen Diskussion über die Frage der höheren Kommunikations-Protokolle. Das sog. Schmalband-WIN (S-WIN) wird durch das Breitband-WIN (B-WIN) abgelöst, da eine breite Palette multimedialer Dienste im Netz erkennbar wird. Erste Hackerangriffe sensibilisieren für das Thema Netzwerk-Sicherheit. Bis zum Ende der 90er Jahre kristallisiert sich deutlich heraus, dass IP als universelles Netzwerkprotokoll auf absehbare Zeit unverzichtbar bleiben wird.

S-WIN und X.400-Mail

Anfang der 90er Jahre nutzen ca. 250 Installationen den im Schmalband-WIN angebotenen X.400-E-Mail-Service, darunter auch das RRZN. Neben EARN/BITNET wird nun ein echter OSI-E-Mail-Service über das RRZN für die Nutzer der Universität angeboten. Der EARN/BITNET-Dienst wird im Laufe der nächsten Jahre am RRZN eingestellt.

Regionale Testbeds

1993 hatte das RRZN den S-WIN-Anschluss schon auf 2Mbps erhöht, trotzdem wird ein höherer Bedarf für die Universität Hannover erkennbar. Da das Schmalband-WIN bereits stark ausgelastet ist, beginnen beim DFN die Planungen für die Nachfolgelösung, das B-WIN. Es ist eine Reihe von zukünftigen, „bandbreitenhungrigen“ Anwendungen erkennbar, trotzdem, ohne Nachweis fällt es schwer, Notwendigkeit und Kosten eines Netzausbaus zu einer Hochgeschwindigkeits-Infrastruktur zu begründen. Der DFN initiiert daher sog. „Regionale Testbeds (RTBs)“, um über bereitgestellte breitbandige Verbindungswege (34Mbps, 155Mbps) auf diesen „Breitbandinseln“ solche Anwendungen zu etablieren und zu demonstrieren. Das RRZN organisiert das sog. RTB Nord und führt es ab 1994 federführend durch.

Ethernet über „twisted pairs“

1994 realisiert das RRZN die erste Ethernet-Verbindung über sog. „twisted pairs“, das sind verdrehte Kupferkabel der sog. Kategorie 5 (Cat 5). Diese Technologie wird sich in der Folge als zukunftsweisende Anschlussform auf der Etagen-Ebene zum Anschluss der Endgeräte an den nächsten Verteilerpunkt herausstellen. Neben der Glasfaserverkabelung als favorisierte Außenverkabelung verfestigt sich damit die Gestaltung der passiven Netzinfrastruktur.

Eine Bedarfsanalyse für die Vernetzung der Universität

Wie viel Geld wird zur ausstehenden Vernetzung der Universität benötigt? Um diese Frage zu beantworten, bildet sich 1995 eine Arbeitsgruppe aus Mitarbeitern der zentralen Verwaltung der Universität und dem RRZN und erstellt hierzu eine Bedarfsanalyse. Betrachtet werden die 1995 aktuellen ca. 150 Standorte der Universität Hannover mit folgenden Anforderungen an die Vernetzung:

- Breitbandiger Gebäudeanschluss an den Universitäts-Backbone über Glasfaserkabel oder Richtfunk
- Gebäudeinfrastrukturen wie Kabelschächte und-kanäle zur Innenverkabelung

- Innenverkabelung in Cat5-Technik
- Aktive Netzkomponenten in ATM-bzw. Ethernet-Technologie

Als Ergebnis ergibt sich ein Richtwert von ca. 3.500 DM/Arbeitsplatz ohne das Aussenkabelnetz und in der Summe ein Betrag von ca. 19 Mio. DM. Auch wenn dies nur eine Momentaufnahme ist, kann auf dieser Grundlage der jährliche Mittelbedarf für die Vernetzung der Universität Hannover angemeldet werden. Gezeigt hat sich allerdings bei bisherigen Installationen, dass schwerlich mehr als ca. 3 Mio.DM pro Jahr „verbaut“ werden können (Ausschreibung, Realisierung, Abrechnung).

Das B-WIN

Am 18.3.1996 wird anlässlich der CEBIT 96 in Hannover das B-WiN offiziell eröffnet. Das B-WiN ist als virtuelles privates Netzwerk (VPN) auf der ATM-Technologie der Deutschen Telekom AG realisiert, die auf dieser technischen Basis auch das neue Breitband-ISDN aufbaut. 1988 legte hierfür das CCITT die ATM-Technologie (asynchronous transfer mode) als Transportsystem fest. Entscheidend ist, dass das ATM-Transportsystem Echtzeitanforderungen garantieren kann. Für die entstehenden multi-medialen Dienste wird das als unbedingt erforderlich angesehen.

Zunächst bietet der DFN einen „best effort“-IP-Dienst auf dieser ATM-Infrastruktur der Deutschen Telekom AG an, der in den Mitgliedseinrichtungen über CISCO-Router (sog. WIN-Router, WR) bereitgestellt wird. Die Mitgliedseinrichtungen im DFN können als B-WIN-Anschlüsse beantragen:

- Einzelanschlüsse mit 34 oder 155Mbps
- Gemeinschaftsanschlüsse ebenfalls mit 34 oder 155 Mbps
- Sammelanschlüsse mit max. 2 Mbps Gesamtrate

Am RRZN geht ein Gemeinschaftsanschluss in Betrieb, an dem sich die Universität mit 12 Mbps beteiligt.

ATM versus Ethernet

Der Einsatz von ATM im B-WiN führt auch zu weiteren Technologie-Diskussionen für den LAN-Bereich. Sollte dort nicht auch ATM als Plattform gewählt werden? Im Prinzip eine durchgängige ATM-Infrastruktur vom B-WiN bis in die lokalen Netze mit IP als aufsetzender Netzsicht?

Die Ethernet-Technologie hat sich allerdings inzwischen auch erheblich weiterentwickelt. Durch das „switched Ethernet“ wird die Kollisionsproblematik beseitigt, jeder Netzteilnehmer hat einen eigenen Port am Ethernet-Switch. Ethernet wird inzwischen mit 100Mbps (Fast Ethernet) angeboten, bis zum Ende der 90er Jahre soll Gigabit-Ethernet verfügbar sein. Das RRZN experimentiert selbst auch mit der ATM-Technologie, im praktischen Betrieb überwiegt aber die Ethernet-Plattform. Die Produkthersteller von Netzwerkkomponenten haben natürlich auch die Konkurrenzsituation mit ATM erkannt und entwickeln Möglichkeiten, auch in IP-basierten Netzen Dienstgüteparameter für den Pakettransfer bereitzustellen.

OSI versus TCP/IP

Die Frage der auf dem Transportsystem aufsetzenden Kommunikationsprotokolle wird teils leidenschaftlich diskutiert. Der DFN hat mit X.400 die erste auf OSI-Protokollen basierende Anwendung im S-WIN eingeführt. Im B-WIN wird ATM vom DFN als Transport-System gewählt, da die Notwendigkeit gesehen wird, eine große Palette multimedialer Dienste mit teilweise Echtzeitanforderungen unterstützen zu müssen. Der DFN erwartet dabei einen starken „push“ für die weitere Entwicklung von OSI-Protokollen.

Andererseits formiert sich eine Nutzergruppe im DFN, die vehement die Abkehr von OSI-Protokollen und den Einsatz von TCP/IP als pragmatische und in der Praxis bewährte Kommunikationsarchitektur vertritt. Hauptargumente sind:

- Die USA haben – entgegen früheren Überlegungen – nun doch entschieden, im NSFNET die TCP/IP-Protokolle einzusetzen.
- Seit Anfang der 80er Jahre gibt es bereits Beispiel-Implementierungen für TCP/IP für verschiedene Herstellerplattformen.
- UNIX entwickelt sich zu einer Art „Standard-Betriebssystem“ und führt dadurch auch zu einer weiteren Verbreitung von TCP/IP.

Ein IP-Netzwerk auf der Basis von Ethernet

Das RRZN installiert das sog. ULTRANET als Hochgeschwindigkeits-Backbone (Ebene 1) mit einer Transferrate von 1 Gigabps. Über CISCO-Router mit ULTRANET-Interface soll die Ankopplung auf die mittlere Netzebene (Ebene 2) erfolgen. Auf der Teilnehmer-Anschlussebene (Ebene 3) wird „switched Ethernet“ über Kupferkabel der Kategorie 7 eingesetzt. Die Kopplung zwischen der Ebene 1 (ULTRANET) und der Ebene 2 (CISCO-Router) erweist sich allerdings als nicht leistungsfähig genug. Die Weiterentwicklung der Ethernet-Technologie zu Gigabit-Ethernet und der Einsatz von sog. „quality of services“ in einem CISCO-Router basierten IP-Netz führen am RRZN letztlich am Ende der 90er Jahre zu einem IP-Netzwerk auf der Basis von Ethernet und CISCO-Routern.

Das LWN

Durch die Gemeinschaftsanschlüsse am B-WIN ist bzgl. der an den DFN zu zahlenden Nutzungsentgelte die sog. „Tarifeinheit im Raum“ aufgehoben. Alle teilnehmenden Einrichtungen zahlen zwar das gleiche Entgelt für die bereitgestellte Transferrate am WIN-Router, die Kosten für die Zugangsleitung sind aber darin nicht enthalten. Weiterhin führt auch die „regionale Kommunikation“ über das B-WIN und muss daher bei der am WIN-Router beantragten Transferrate mit berücksichtigt werden. 1997 entstehen daher Überlegungen, ein Wissenschaftsnetz in Niedersachsen aufzubauen, um zum einen den landesinternen wissenschaftlichen Kommunikationsbedarf untereinander im eigenen Netz abwickeln zu können und zum anderen die Nutzer aus Niedersachsen -bezogen auf die Einzelrate- auf kostengünstigere Gemeinschaftsanschlüsse mit 155Mbps Transferrate konzentrieren zu können. Durch einen Kabinettsbeschluss der Länder Bremen und Niedersachsen vom August 1997 sowie Bemühungen der Landeshochschulkonferenz Niedersachsen zur Beseitigung von Standortnachteilen der Hochschulen beim Zugang zum B-WIN und durch die Initiative der norddeutschen Bundesländer zum Aufbau eines Höchstleistungsrechners Nord wird aus den anfänglichen Überlegungen das „LandesWissenschaftsnetz Nord“ geboren, ein niedersächsisches Hochgeschwindigkeitsnetz mit einer Ankopplung an das seit 1995 bestehende Landesbreitbandnetz

Bremen. Unter der Federführung des RRZN wird das Netz nach ca. 18 Monaten vorbereitender Arbeiten am 19. März 1999 offiziell eingeweiht. Den Planungsüberlegungen wird die völlige Konformität zum B-WIN zugrunde gelegt. Das Kernnetz, ein Ring mit 155Mbps als VPN auf der ATM-Technologie der Deutschen Telekom AG realisiert, verbindet die Universitätsstandorte. An den Standorten Bremen, Göttingen und Hannover sind Gemeinschaftsanschlüsse in das B-WIN mit je 155Mbps realisiert.

Ein Leitfaden zur Vernetzung

Ab Mitte der 90er Jahre wird zunehmend deutlich, dass die Hochschulrechenzentren in Niedersachsen Orientierungshilfe für die Hochschulvernetzung benötigen. Der Niedersächsische ALWR (NALWR) empfiehlt daher die Einrichtung eines Niedersächsischen Netzkompetenz-Zentrums (NZN) und beauftragt dieses, einen Leitfaden für die Hochschulvernetzung zu erstellen. Aufgabe des NZN ist es, unter der Federführung des RRZN die Netzkompetenz der niedersächsischen Hochschulrechenzentren zu bündeln. Im Mai 1998 wird der Leitfaden veröffentlicht. Er kann eingesehen werden unter

http://www.noack-grasdorf.de/index.htm/files/NKZPL1_1-1_Mai_98.pdf

Eine ganz wesentliche Feststellung ist die strikte Trennung einer universellen Netzinfrastruktur von den aufsetzenden, spezifischen Diensten. Die Netzinfrastruktur kann dabei durchaus unterschiedliche Netztechnologien enthalten. Durch die Abtrennung physikalischer Netze, durch die Bildung sog. virtueller Netze oder durch Dienste, die einen IP-Service nutzen, können vom Netzbetreiber verschiedene Schnittstellen für aufsetzende Dienste bereitgestellt werden. Die Digitalisierung von Daten, Sprache, Bild und Bewegtbild führt zu einer Konvergenz der Netze: die Hochschulen benötigen bei diesem Ansatz nur noch **ein** universelles Kommunikationsnetz, die herkömmliche Auftrennung in Sprach- und Datennetze kann entfallen.

Das Internet und Access-Technologien

Seit Anfang der 90er Jahre wächst die Nutzung des Internet beträchtlich. Dies ist im Wesentlichen bedingt durch das „World Wide Web (www)“. 1994 beträgt die monatliche Nutzung im S-WIN ca. 1,5 TeraByte, die Konnektivität in die USA ca. 0,25 Terabyte/Monat. 1998, also vier Jahre später, ist das monatliche Volumen in beiden Fällen um den Faktor 50 gestiegen, ohne eine Art Sättigung erkennen zu können. Der DFN stellt daher die Weichen für das Nachfolgenetz, das sog. Gigabit-WiN (G-WiN).

Die weltweite Kommunikationsmöglichkeit über das Internet forciert den Wunsch nach weiteren breitbandigen Zugangsmöglichkeiten von Endnutzern ans Internet. In einem DFN-Projekt erprobt das RRZN zusammen mit dem Institut für Nachrichtentechnik der Universität Braunschweig (IfN) ein Kabel-TV-Netz, um es neben dem ursprünglichen Zweck der Verteil-Kommunikation auch für die Datenkommunikation einzusetzen. Das Kabel-TV-Netz muss dazu rückkanaltauglich realisiert werden. Der Einsatz wird nachgewiesen, und in einem Wohnheim des Studentenwerks Hannover wird diese Technologie installiert. Dadurch können die Studierenden in diesem Wohnheim das Kabel-TV-Netz neben dem Fernsehempfang auch über einen Ethernet-Anschluss für ihren PC zum Zugang ins Internet nutzen.

Ein weiteres Wohnheim des Studentenwerks Hannover wird vom RRZN in einem Projekt mit der Deutschen Telekom AG mit der ADSL-Technologie (asynchronous digital subscriber line) ausgerüstet. Mit der ADSL-Technologie werden Telefonie und Datenkommunikation auf der Teilnehmer-

anschlussleitung überlagert. Auch hier wird dem Teilnehmer über ein Modem eine Ethernet-Schnittstelle für sein Endgerät zum Zugang ins Internet bereitgestellt.

Beide genannten Zugangs-Technologien (BK-Netz und ADSL), die das RRZN im Rahmen von Projekten 1999 erprobt, werden einige Jahre später „Massenartikel“ für den Internetzugang häuslicher Arbeitsplätze.

Die Jahre 2000 bis 2005

Bereits Ende der 90er Jahre beginnen im DFN die Planungen für das Nachfolgenetz zum B-WiN. Neue technische Entwicklungen, das WDM (wave division multiplexing), ermöglichen eine Vervielfachung der Übertragungsrate auf optischen Übertragungstrecken. Das neue G-WiN bietet auf einer SDH/WDM-Infrastruktur einen IP-Dienst, einen ATM-Dienst und einen Punkt-zu-Punkt-Dienst an. Das RRZN realisiert für die Universität Hannover einen Anschluss mit 155 Mbps und einem Transfer-volumen von 3TeraByte/Monat. Mit dem G-WiN beteiligt sich der DFN am Aufbau des sog. Internet 2. Zum Zeitpunkt 2005 sind an der Universität Hannover ca. 30.000 DV/TK-Anschlüsse realisiert.

Ein Brief geht um die Welt

Wer erinnert sich? Der Computer-Virus "ILOVEYOU" richtet großen Schaden an. Die verbreitete E-Mail stützt sich auf die Annahme, dass die E-Mail-Adressaten interessante Anhänge öffnen werden. Der E-Mail-Anhang trug den Namen "LOVE-LETTER-FOR-YOU.TXT.vbs" und durch die Standard-Einstellung von Microsoft Windows, dass Dateiendungen nicht angezeigt werden, wird den Benutzern vorgegaukelt, dass es sich bei der Datei lediglich um eine Text-Datei handelt. Einmal im System aktiv, richtet dieser Virus Schaden in Höhe mehrerer Mrd. US-Dollar an.

Info-Terminals

Campus@UH, unter dieser Bezeichnung konzipiert das RRZN sog. Info-Terminals. Die ersten Terminals werden im Lichthof der Universität aufgestellt. Studierende der Universität, auch die, die noch keine Zugangsberechtigung zum „Netz“ haben, können über diese Info-Terminals verschiedenste Infos abrufen.

Anschluss entfernter Standorte ans universitäre Netz

Das Leibnizhaus Hannover, ein Gästehaus der hannoverschen Hochschulen, wird medientechnisch erschlossen. Erste Gästezimmer erhalten im Jahr 2000 einen Internetzugang über die ADSL-Technologie. Nachfolgend wird zum Leibnizhaus eine eigene Glasfaserverbindung realisiert. Dadurch können jetzt leistungsfähige Netzkomponenten auch im Leibnizhaus selbst installiert werden. Die proprietäre DSL-Technologie der Firma CISCO, das „Long Range Ethernet“ kommt zum Einsatz. Es stellt ebenfalls über die normale Telefonleitung eine Ethernet-Schnittstelle in den Gästezimmern für den Zugang ins Internet bereit.

Im Rahmen der EXPO 2000-Nachfolgenutzung werden einige Bereiche der Fachhochschule Hannover und der Universität (Forschungszentrum L3S) auf dem EXPO-Gelände angesiedelt. Dadurch besteht die Notwendigkeit, diesen Standort adäquat zu erschließen. 2001 wird eine Richtfunk-Verbindung mit 155 Mbps realisiert, es folgt 2002 ein Anschluss über eine angemietete Glasfaserverbindung, die aus Redundanzgründen als Ring installiert wird und ebenfalls den Standort der Tierärztlichen Hochschule am Bünteweg mitversorgt.

Nach dem Unterwasser-Technikum Hannover (UWTH) siedeln sich erste Maschinenbau-Institute am Standort Garbsen im sog. Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) an. Die für das UWTH installierte 2 Mbps-Richtfunk-Verbindung reicht für die medientechnische Erschließung des Standorts bei Weitem nicht mehr aus. Durch die sog. WWDM-Technologie (wide wavelength division multiplexing) werden zwei Wellenlängen einer Glasfaserverbindung als Übertragungsweg genutzt. Auf einer Wellenlänge wird eine Gigabit-Ethernet-Verbindung realisiert, auf der anderen werden Primär-Multiplexkanäle zur Telefonie bereitgestellt.

HLRN

Der Norddeutsche Verbund zur Förderung des Hoch- und Höchstleistungsrechnens (HLRN) wird 2001 durch ein Verwaltungsabkommen der sechs norddeutschen Bundesländer Berlin, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein mit dem Ziel der gemeinsamen Beschaffung eines Super-Computers gegründet. Seit 2002 betreibt der HLRN gemeinsam ein verteiltes Super-Computersystem an den Standorten Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (ZIB) und RRZN. Zur Kopplung der beiden Rechnerkomplexe wird über den DFN eine Gigabit-Ethernet-Verbindung über das G-WiN realisiert.

IP-Telefonie

Das Netzkonzept der Universität Hannover mit einer universellen Netzinfrastruktur und aufsetzenden, spezifischen Diensten macht auch vor dem Telefondienst der Universität nicht halt. Seit Anfang der Dekade erprobt das RRZN IP-Telefone der Firma CISCO. Es folgt eine Kopplung der TK-Anlagen der Technischen Universität Braunschweig und der Universität Hannover über das G-WiN. Über ein sog. „least cost routing“ wird vor dem Verbindungsaufbau die aktuelle Qualität der G-WiN-Verbindung geprüft und abhängig davon die Verbindung über das G-WiN oder auf herkömmlichem Weg realisiert. Über zwei Jahre Erprobungszeit zeigt sich, dass auch ohne besondere qualitätssichernde Maßnahmen fast durchweg das IP-Netz zur Telefonie benutzt werden kann. In einem weiteren Projekt mit der T-Systems, der Firma CISCO und dem DFN wird ein externes Betreibermodell der IP-Telefonie erprobt. Dieses kann durch Skaleneffekte gerade für kleinere Hochschulen interessant sein.

Wireless LANs

Mit dem Standard IEEE802.11, einer Normenfamilie für „wireless LANs (WLANs)“ findet die drahtlose Netzwerkkommunikation zu weiter Verbreitung. Die Transferrate ist zwar beschränkt, so dass sie die drahtgebundene Netzwerktechnik nicht ersetzen kann, sie stellt aber eine wünschenswerte Erweiterung zur Unterstützung der mobilen Kommunikation dar. Nach anfänglicher Erprobung werden WLANs standardmäßig für die Installation in öffentlichen Bereichen der Universität (Lichthof, stud. Arbeitsräume, Flure) und in Hörsälen vorgesehen.

Schlussbemerkungen

Die seit 1998 gesammelten, weiteren Erfahrungen zu „Planung, Realisierung und Betrieb informationstechnischer Infrastrukturen am Hochschulstandort“ werden in der Fortschreibung des Planungspapiers von 1998 mit der Version von 2005 dokumentiert. Das Planungspapier ist verfügbar unter

www.noack-grasdorf.de/index_htm_files/NKZPL2_Aug_2005.pdf

Damit sind 35 Jahre Vernetzung an der Universität Hannover „abgespult“. Vielleicht findet sich jemand, der diesen Bericht einmal fortschreibt. Meinen ehemaligen Kollegen Dr.-Ing. Fritz Hüsemann und Helmut Lange danke ich für ihre Unterstützung bei der Erstellung dieser Zusammenfassung.

Steffen Heinze