Das Erwin Schrödinger-Zentrum im Netz der HU

Dr. Günther Kroß, kross@cms.hu-berlin.de
Frank Sittel, sittel@cms.hu-berlin.de

Verkabelungsinfrastruktur des Campusnetzes Adlershof

Das Campusnetz der naturwissenschaftlichen Fakultäten der Humboldt-Universität (HU) in Adlershof basiert auf einer Lichtwellenleiter-Verkabelung zwischen den Universitätsgebäuden zu beiden Seiten der Rudower Chaussee.

Es sind folgende Gebäude an das Campusnetz angeschlossen: Erwin Schrödinger-Zentrum mit der Zentraleinrichtung Computer- und Medienservice (CMS) und der Zentralbibliothek Naturwissenschaften (ZB Nawi), Johann von Neumann-Haus (Informatik, Mathematik), Emil Fischer-Haus (Chemie), Lise Meitner-Haus (Physik), Wolfgang Köhler-Haus (Psychologie), Alfred Rühl-Haus (Geographie), Walter Nernst-Haus (Lehrraumgebäude der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I), Gefahrstofflager (Chemie), Experimentierhalle (Plasmaphysik) und Windkanal (Physik).

Zentrum der Verkabelung ist der Campus-Hauptverteiler im Erwin Schrödinger-Zentrum, von dem aus der CMS die Campus-Infrastruktur betreibt. Prinzipiell ist jeder Instituts-Hauptverteiler über zwei voneinander unabhängige Kabeltrassen mit dem Campus-Hauptverteiler verbunden. Verlegt sind LWL-Kabel mit Multi- und Monomodefasern. Auf dieser Grundlage lassen sich beliebige redundante Topologien für Netztechnologien mit großen Bandbreiten, wie Gigabit-Ethernet (1 Gbit/s), Fibre Channel (2 Gbit/s) bzw. zukünftige Ethernet- und Fibre-Channel-Technologien mit 10 Gbit/s herstellen.

Universitätsbackbone und externe Netze

Die HU betreibt zwischen Berlin-Mitte und dem Campusnetz Adlershof zwei bei unterschiedlichen Providern gemietete Monomode-Glasfaserpaare. Auf den Glasfaserpaaren wird CWDM-Technik (Coarse Wavelength Division Multiplexing) eingesetzt. Zurzeit stehen je LWL-Paar 10 Kanäle zur Verfügung. Über die insgesamt 20 Kanäle werden betrieben: 8 Gigabit-Ethernet-Verbindungen für das Backbonenetz, 2 ATM-Verbindungen (622 Mbit/s), 8 Fibre-Channel-Verbindungen für das Storage Area Network (SAN) und 2 E1-Multiplexverbindungen zur Kopplung von TK-Anlagen.

Die Nutzung des Gigabit-Wissenschaftsnetzes (G-WiN) durch den Campus Adlershof erfolgt über den CMS-Standort im Hauptgebäude in Berlin-Mitte. Der G-WiN-Anschluss stellt die Verbindung der HU zum Internet her und hat eine Bandbreite von 622 Mbit/s. Genutzt werden folgende Dienste des DFN-Vereins: DFNInternet (Nutzung des Internets), DFNVC (Videokonferenzdienst), DFN@home (Einwahldienst), DFNNewsfeed (Übernahme von News-Daten) und in Vorbereitung DFNRoaming (WLAN-Authentifizierung). Der Standort Adlershof ist mit einer Bandbreite von 1 Gbit/s mit dem Berliner Wissenschaftsnetz BRAIN und darüber mit dem Netz des WISTA verbunden. An das BRAIN sind weiterhin der CMS-Standort Mitte (1 Gbit/s) und fünf weitere HU-Standorte (100-155 Mbit/s) angeschlossen. Neben dem Verbund der sieben angeschlossenen HU-Standorte wird BRAIN zur Übertragung des Berlin-internen Verkehrs und als Backup für den G-WiN-Zugang benutzt. Bei einem Ausfall des G-WiN-Anschlusses in Mitte wird der Internet-Verkehr der HU über den BRAIN-Anschluss Adlershof zum G-WiN geleitet.

Gebäudeverkabelung

Die Außenkabel enden in Fasermanagement-Schränken, die in speziellen Übergabeverteilern (Umsetzung Außenkabel-Innenkabel durch Spleiß- und Patch-Verbindungen) oder direkt in den Gebäudehauptverteilern stehen. In diesen Verteilern werden Verbindungen zur Gebäudetechnik bzw. Verbindungen zwischen den Gebäuden hergestellt.

Die Etagenverteiler der Gebäude sind über die Sekundärverkabelung (LWL-Kabel und vieladrige Telefonkabel) mit dem jeweiligen Gebäudehauptverteiler verbunden. Im Erwin Schrödinger-Zentrum werden Multi- und Monomodefasern verwendet.

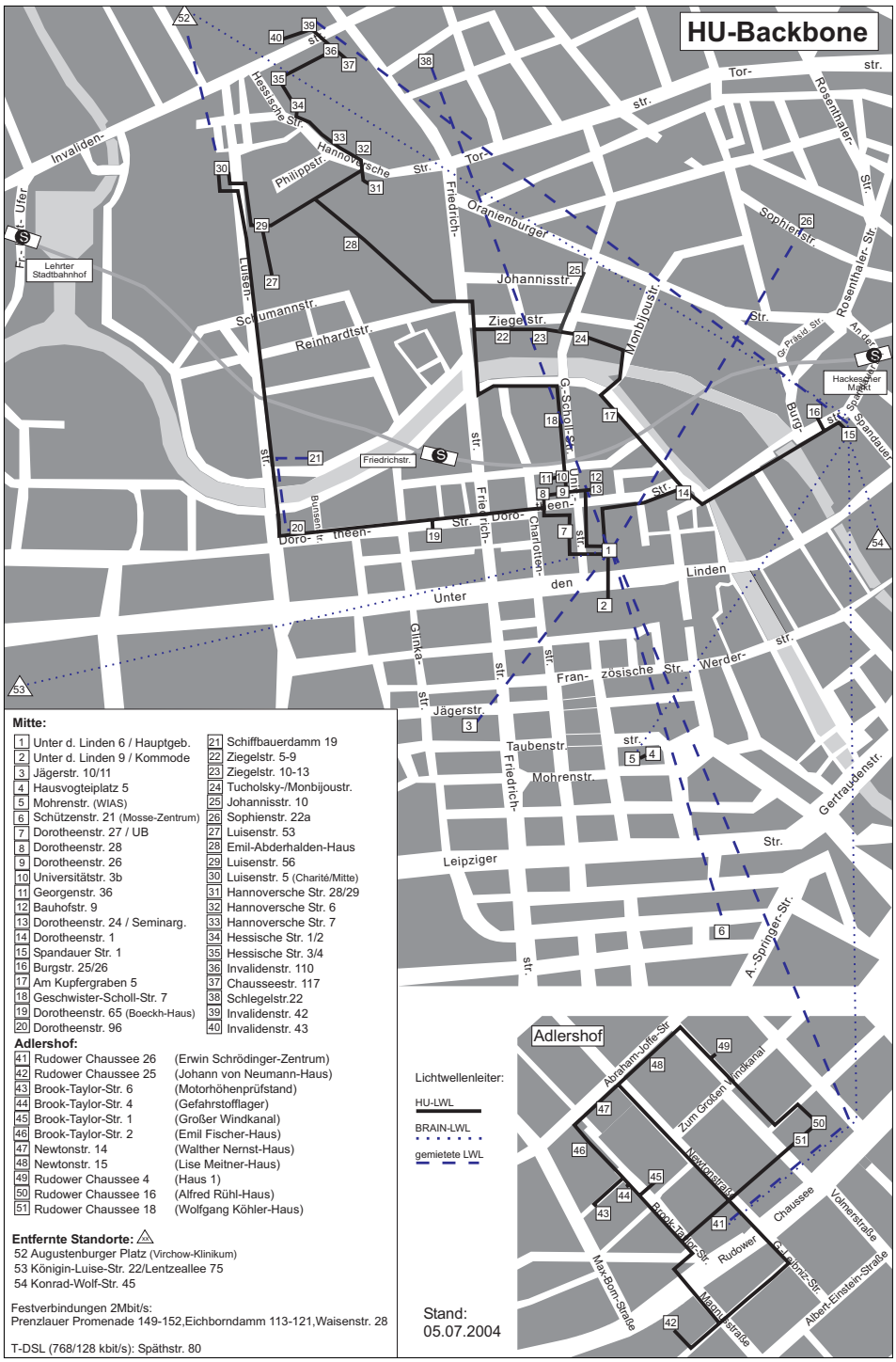

Abb. 1: Kabeltrassen des HU-Netzes (Campusnetz Adlershof rechts unten)

Die Tertiärverkabelung besteht generell aus vierpaarigen geschirmten TP-Kabeln der Kategorie 7 sowie aus RJ45-Patchfeldern, -Anschlussdosen und -Patchkabeln der Kategorie 6. Die Links sind für die Klasse E der EN 50173 (2002) zertifiziert. Cable-Sharing wird nicht eingesetzt. Durch diese Parameter ist die Verkabelung für alle gängigen und mittelfristig absehbaren Netztechnologien geeignet.

Zusätzlich zur Verkabelungs-Infrastruktur wurde in den Gebäuden und angrenzenden Außenbereichen eine WLAN-Infrastruktur (Wireless LAN) zur Versorgung mobiler Computer realisiert. In Adlershof werden ca. 175 Accesspoints eingesetzt, an der HU insgesamt 230.

Aktive Netztechnik

Die lokalen Netze der Institute für Informatik und für Mathematik im Johann von Neumann-Haus südlich der Rudower Chaussee wurden schon in den Jahren 1998 bzw. 2000 errichtet und mit Netztechnik von 3Com (Informatik) bzw. Enterasys (Mathematik – SmartSwitch 6000, SSR-16) ausgestattet. Die aktiven Netzkomponenten für das Campus-LAN, das Campus-SAN sowie für die Gebäude-LANs nördlich der Rudower Chaussee wurden ab 2001 in Betrieb genommen. Eingesetzt wird LAN-Switchtechnik von Enterasys Networks (Layer2/3/4-Switch/Router ER16 und SSR-16 im Campus- und in den Gebäudehauptverteilern, Layer 2-Switche Matrix E1, Matrix E7 mit zusätzlicher Layer 3- und Layer 4-Funktionalität in den Etagenverteilern, WLAN-Accesspoints RoamAbout RBTR2) sowie Fibre-Channel-SAN-Switchtechnik von Brocade Communications (SilkWorm 12000 und SilkWorm 3800).

CWDM-Verbindungen zwischen Adlershof und Mitte werden mit Multiplexern vom Typ MRV Lambda Driver-800 und FiberDriver hergestellt.

In ATM-Netztechnik wurde im Rahmen der Baumaßnahmen für Infrastruktur und Erwin Schrödinger-Zentrum nicht mehr investiert. Benötigte ATM-Verbindungen werden durch Patchen zu dem im Johann von Neumann-Haus vom CMS betriebenen ATM-Switch ASX-1000 hergestellt.

Die Telefonie im Erwin Schrödinger-Zentrum basiert weitgehend auf Voice-over-IP-Technik von Cisco Systems (Call Manager), während auf dem Campus ansonsten herkömmliche Telefontechnik von Philips eingesetzt wird.

LAN-Technologien

Gebäude-LANs

Die Layer 2-Switche der Etagenverteiler sind über Gigabit-Ethernet sternförmig mit dem Switch/Router im Gebäudehauptverteiler verbunden. Zum Anschluss von Arbeitsplatzrechnern, von Servern und von WLAN-Accesspoints stellen sie Fast-Ethernet- und Gigabit-Ethernet-Anschlüsse bereit. Die Switche können virtuelle LANs (VLAN) bilden und Prioritätsmechanismen der Layer 2 – 4 einsetzen. Der Gebäude-Switch/Router switcht bzw. routet die physikalischen und virtuellen LANs des Gebäudes und stellt die Verbindungen zu den Campus-Switch/Routern her.

Campus-LAN-Backbone

Hauptknoten des Adlershofer Campus-Backbones sind je ein Campus-Switch/Router im Erwin Schrödinger-Zentrum (ER16) und im Johann von Neumann-Haus (SSR-16). Jeder Switch/Router der Adlershofer Gebäude ist über zwei IP-Gigabit-Ethernet-Links auf unterschiedlichen Trassen mit jedem der beiden Campus-Switch/Router verbunden. Bei Bedarf sind mehrere Gigabit-Ethernet-Verbindungen durch Link-Aggregation zu Trunks höherer Bandbreite hochrüstbar.

Die Campus-Switch-Router stellen über die Gigabit-Ethernet-Kanäle der LWL-CWDM-Strecken voneinander unabhängige IP-Verbindungen zu zwei Switch/Routern des CMS in Berlin-Mitte her. Eine IP-Verbindung wird dabei durch einen Trunk (Link Aggregation) von Gigabit-Ethernet-Kanälen der beiden LWL-Stecken gebildet. Dadurch besteht eine Redundanz auf Layer 2. Eine vom Netz der HU unabhängige weitere redundante Verbindung zwischen Adlershof und Mitte ist über das BRAIN geschaltet.

Das durch die Switch/Router in Adlershof und Berlin-Mitte gebildete Backbonenetz besteht somit aus vermaschten Punkt-zu-Punkt-IP-Verbindungen (Layer 3), auf dem als Routing-Protokoll OSPF betrieben wird. Verbindungen auf Layer 2, d. h. insbesondere durchgeleitete VLANs, sollen weitgehend vermieden werden, da sie das Management erschweren und die Stabilität des Netzes beeinträchtigen.

Die skizzierten Redundanzen im Backbonenetz – redundante Leitungen zwischen den Gebäuden und nach Berlin-Mitte, redundante und auf verschiedene Standorte mit unabhängiger Stromversorgung und Klimatisierung aufgeteilte Campusrouter, Redundanz auf Layer 2 (Link-Aggregation über Kanäle verschiedener LWL-Strecken) und Layer 3 (OSPF-Steuerung zwischen mehreren voneinander unabhängigen IP-Verbindungen) – gewährleisten einen stabilen Netzbetrieb zwischen den Gebäuden und Standorten der HU in Adlershof und Mitte sowie zum G-WiN und BRAIN.

PC-Netzwerk

Die Ablösung des bisher breit eingesetzten Netzwerkbetriebssystems Banyan Vines ist in vollem Gange und muss möglichst schnell abgeschlossen werden. Der CMS betreibt im Erwin Schrödinger-Zentrum zentrale Windows 2000/2003-Server für das PC-Netzwerk der HU und leistet für die Institute weitgehende Hilfen bei der Integration in das Windows-Netzwerk. Institute, die nicht zu Windows-Servern, sondern zu Samba/LDAP übergehen wollen, werden dabei vom CMS im Rahmen der verbleibenden personellen Möglichkeiten unterstützt.

Hauptmerkmale des Windows-Netzes an der HU sind:

- An die Benutzer des Windows-Netzwerkes werden durch Instituts- und CMS-Administratoren universitätsweit eindeutige Benutzerkennzeichen vergeben. In der Regel hat ein Benutzer genau ein Kennzeichen, das er dann in den verschiedenen Systemen verwendet (ADS, NIS). Die Kennzeichenverwaltung erfolgt mit Hilfe einer zentralen Benutzerdatenbank. In den verschiedenen Systemen verwendet der Benutzer das gleiche Passwort, das mittels Passwort-Webinterface und LDAP verwaltet wird.
- Die Institute werden beim Aufsetzen und Betreiben von Windows-Domänencontrollern unterstützt. Mit Ausnahme kleinerer Einrichtungen, deren Benutzer in zentrale Domänen aufgenommen werden können, sind die Einrichtungen für die Windows-Benutzerverwaltung selbst zuständig.
- Windows-Fileserver werden der Regel vom CMS für die Institute betrieben. Die Server werden generell in Clustern eingesetzt und an das Storage Area Network angeschlossen. Dadurch wird ein hohes Maß an Betriebs- und Datensicherheit erreicht (s. SAN weiter unten).
- Die Datensicherheit wird komplettiert durch die Synchronisation der Daten zwischen PC/Notebook und Servern durch Windows sowie durch den Backup der auf den Servern abgespeicherten Dateien durch das vom CMS betriebene Backupsystem TSM.

Das Konzept ist darauf ausgelegt, in Abstimmung zwischen den Instituten und dem CMS einen leistungsfähigen und sicheren Betrieb des PC-Netzwerkes unter den Randbedingungen des Mangels an Administratorpersonal zu gewährleisten.

Storage Area Network (SAN)

Grundlage des vom Computer- und Medienservice zentral für die gesamte HU betriebenen File- und Backupservice ist ein Storage Area Network (SAN). Dieses Speichernetzwerk basiert auf dedizierten Glasfaserverbindungen bzw. WDM-Kanälen. Zurzeit werden 22 Fibre-Channel-Switche betrieben, die sich in zwei unabhängige Fabrics gruppieren. An das SAN sind File-, Storage- und Speichervirtualisierungsserver sowie Tapelibraries angeschlossen. Fileserver benutzen den Speicher, sind also die Clients im SAN. Storageserver liefern den Speicher. Virtualisierungsserver virtualisieren den Speicher beliebiger Storageserver und bieten den Fileservern logische Platten an. Sie bilden dadurch eine einheitliche Managementinstanz für den heterogenen Gesamtspeicher. An der HU wird das Virtualisierungssystem IPStor von FalconStor eingesetzt.

Hauptzweck des SANs an der HU ist primär die Bereitstellung von großen und aus Sicht der Nutzung nahezu 100-prozentig ausfallsicheren Festplattenspeichern für Fileserver der Institute, des CMS und der Universitätsbibliothek sowie für zentrale Mail-, Web- und Datenbankserver (zurzeit ca. 30 TByte netto). Die Ausfallsicherheit ist bei großen Datenmengen unabdingbar, da ggf. notwendige Wiederherstellungen unvertretbare Ausfallzeiten ergeben. Zusätzlich zur Betriebsstabilität der Speicher müssen Veränderungen der Speichergrößen möglich sein, ohne den durchgängigen Betrieb der angeschlossenen Systeme zu beeinflussen.

Die Ausfallsicherheit des Speichers wird durch RAID5-Speichersysteme, generelle

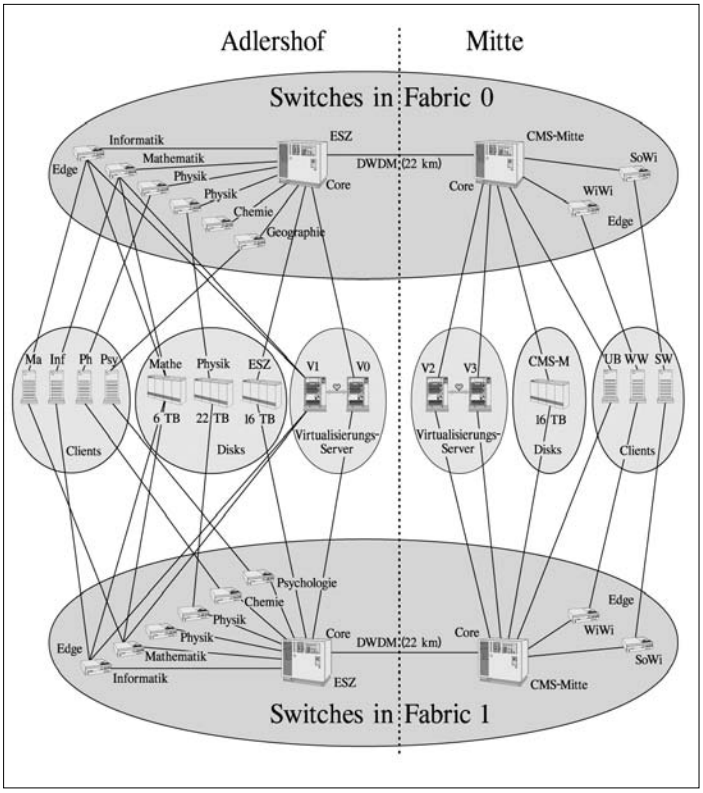

Abb. 2: Prinzip des SAN

Datenspiegelung mit räumlicher Trennung der gespiegelten Daten, Installation der Speichertechnik ausschließlich in klimatisierten Räumen sowie durch ein zentrales Speichermanagement über Virtualisierungsserver erreicht.

Die Stabilität des Speicherzugriffs zwischen den räumlich voneinander getrennten SAN-Komponenten wird dadurch erreicht, dass das SAN in zwei komplett getrennte Fibre-Channel-Teilnetze (Fabrics) strukturiert und jede Komponente mit mindestens einem Interface an jede Fabric angeschlossen ist (Fileserver haben z. B. generell zwei FC-Adapter). Dadurch sind zwischen den SAN-Komponenten generell physikalisch getrennte und somit redundante Wege vorhanden, wodurch die im Speicherbereich erforderliche hohe Betriebssicherheit gewährleistet ist. Die Virtualisierungsinstanzen sind ebenfalls redundant ausgelegt.

Das Betreiben der immer größer werdenden Datenmengen ist auf herkömmliche Weise (ohne SAN und Speichervirtualisierung) mit erheblichen Risiken und hohem Managementaufwand in den Einrichtungen verbunden. Daher besteht die zweite Hauptzielstellung des SAN-Konzeptes der HU darin, das Gesamtsystem mit minimalem Managementaufwand zu betreiben. Die Stabilität des verteilten Speichersystems und die einheitliche Managementinstanz der Virtualisierung vermindern über die gesamte Universität gesehen den Managementaufwand enorm, bzw. anders gesehen ermöglichen sie erst den sicheren Betrieb mit den immer größer werdenden in den Instituten genutzten Speichermengen.

Die prinzipielle Struktur des SANs der HU ist aus Abb. 2 ersichtlich. Die beiden Zentren des SANs werden durch je zwei auf 128 Ports ausbaubare Fibre Channel Switche in den CMS-Standorten in Adlershof und in Mitte gebildet. Die Switche sind zwischen Adlershof und Mitte über acht 2-Gbit/s-Kanäle verbunden. Die naturwissenschaftlichen Institute in Adlershof werden durch zwei jeweils redundant ausgelegte Speichervirtualisierungsinstanzen versorgt, in Mitte wird eine Instanz eingesetzt.

An das SAN angeschlossen bzw. anschließbar sind Unix- und Windows-Fileserver von Instituten, die mit einem der CMS-Standorte über LWL verbunden sind, und das möglichst über zwei unterschiedliche und damit redundante Wege. In Adlershof ist das durch die Campusverkabelung generell gegeben, in Mitte wurden die Voraussetzungen dafür durch die Herstellung redundanter Netzverbindungen, z. B. zur Invalidenstr. 42 und zur Luisenstr. 56, wesentlich verbessert.