**Erneuerung der Server- und Speicherinfrastruktur
am ZIM – Basis für zentrale Dienste
zur dezentralen IKM-Versorgung¹**

Einleitung

Seit dem Wechsel in der Leitung des Zentrums für Informations- und Medientechnologie (ZIM) werden nach positiver Begutachtung seitens der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) die folgenden, im HBFG-Verfahren² finanzierten Großgerätemaßnahmen besonders intensiv vorangetrieben:

- (a) Verbesserung des Campusnetzes: Backbone mit 10-Gbit/s-Ethernet, Erneuerung von aktiven und passiven Netzkomponenten, zunehmend flächendeckende drahtlose Kommunikation;
- (b) Erneuerung und Ausbau der Server- und Speicherinfrastruktur: Server-Blades, Virtualisierung, Netzlaufwerke, Backup- und Archivsysteme;
- (c) Aufbau eines neuen Hochleistungsrechners für die „Simulation Science“: Parallelrechner auf Basis einer Cluster-Architektur, dedizierter Plattenspeicher.

In Olbrich und Manten (2007) wurde bereits die Maßnahme (c) dargestellt. Die leistungsfähigen und hochverfügbaren Basisinfrastrukturen (a) und (b) dienen insbesondere der zuverlässigen und hochwertigen Unterstützung dezentraler Anwendungen für eine breite Nutzerschaft. Sie sind jedoch auch eng verknüpft mit Spitzenanforderungen, wie sie sowohl in der „Simulation Science“ (c) als auch in komplexen experimentell beziehungsweise empirisch orientierten Disziplinen auftreten.

Dieser Beitrag befasst sich mit Hintergründen, Motivation und Realisierung von (b).

Das IKM-Versorgungskonzept der Heinrich-Heine-Universität

Am 1. Februar 2007 hat – nach vorheriger ausführlicher Beratung in der Kommission für Informationsversorgung und -verarbeitung sowie neue Medien (KIM) – das Rektorat der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf ein IKM-Versorgungskonzept beschlossen. Dieses stieß im Kreis der Leiter von Universitätsrechenzentren bereits auf großes Interesse³ und wird im Folgenden kurz vorgestellt.

Zu den ersten Konsequenzen aus dem IT-Gutachten, das Univ.-Prof. Dr. Wilfried Juling (Universität Karlsruhe) für die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf im August 2003 fertig gestellt hatte,⁴ gehörte die Ausschreibung der Nachfolge des damaligen Direktors des

¹ IKM: Information, Kommunikation, Medien

² HBFG: Hochschulbauförderungsgesetz

³ Vgl. Olbrich (2008).

⁴ Vgl. Juling (2003).

Universitätsrechenzentrums, Prof. Dr. Jan von Knop, als Universitätsprofessor (C4/W3) im Jahr 2004. Begleitend zum Berufungsverfahren wurde eine Senatskommission KIM gegründet. Den Vorsitz – zugleich CIO (Chief Information Officer) – übernahm kommissarisch der Rektor, Univ.-Prof. Dr. Dr. Alfons Labisch.

Schließlich erfolgte zum 1. Dezember 2005 die Berufung von Dr.-Ing. Stephan Olbrich zum Universitätsprofessor für IT-Management, zugleich zum neuen Direktor des Rechenzentrums. Danach wurde – unter dem Vorsitz des gleichzeitig ernannten CIO, Prorektor Univ.-Prof. Dr. Schirmeister⁵ – in Anlehnung an die Empfehlungen des „Juling-Gutachtens“ ein Konzept formuliert, in dem die Erbringung von IKM-Diensten sowie Kooperation und Koordinierung festgelegt wurden, das so genannte „IKM-Versorgungskonzept“⁶.

Prozesse in Forschung, Lehre, Studium und Verwaltung werden zunehmend durch den Einsatz von IKM-basierten Infrastrukturen, Diensten und Anwendungen unterstützt. Die Anforderungen dafür stammen aus unterschiedlichen Bereichen, im Wesentlichen den folgenden:

- Hochschulreformprozesse (zum Beispiel Internationalisierung);
- Digitalisierung der Informationssysteme (zum Beispiel WWW-basierte Dienste, Portal);
- mehrwertorientierte Ergänzungen der Lehre (E-Learning, zum Beispiel Lernplattform);
- computergestützte Problemlösungsumgebungen (E-Science, zum Beispiel Simulation).

Die IKM-bezogenen Dienste werden in einem kooperativen Versorgungssystem bereitgestellt. IKM-Dienste werden dabei sowohl in den Zentralen Einrichtungen – Zentrum für Informations- und Medientechnologie (ZIM, ehemals Universitätsrechenzentrum) sowie Universitäts- und Landesbibliothek (ULB) – erbracht als auch in lokalen IKM-Versorgungsteams in den Fakultäten. Der Ort und die Ausprägung der IKM-Infrastruktur beziehungsweise -Dienstleistung werden im Einzelfall durch fachliche, technische und wirtschaftliche Gründe bestimmt.

Zum Zweck der Beratung und Entwicklung von strategischen und operativen Konzepten wurde die oben bereits erwähnte Kommission für Informationsversorgung und -verarbeitung sowie neue Medien (KIM) neu konstituiert. Den Vorsitz der KIM hat ein CIO (Chief Information Officer) inne – Prorektor für Integration, Koordination und Kontrolle aller IKM-Aktivitäten. Die weiteren Mitglieder sind die Geschäftsführerin beziehungsweise der Geschäftsführer der KIM, die Direktorin beziehungsweise der Direktor des ZIM sowie Information Officers (IOs). Jede Fakultät, die ULB, das Universitätsklinikum Düsseldorf (UKD) und die Universitätsverwaltung benennen einen IO. Die KIM berät und unterstützt den CIO bei der Aufsicht, Koordinierung und Steuerung des kooperativen IKM-Versorgungssystems. Anfragen nach und Planungen von IKM-Maßnahmen größerer Tragweite sind in jedem Fall dem CIO anzuzeigen. Die Planungs- und Entscheidungskompetenz zu strategischen IKM-Aspekten obliegt letztlich dem Rektorat.

⁵ Nach Beendigung der Amtszeit von Univ.-Prof. Dr. Schirmeister als Prorektor für Planung und Finanzen übernahm im November 2007 wieder der Rektor, Univ.-Prof. Dr. Dr. Labisch, kommissarisch den Vorsitz der KIM.

⁶ Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (2007)

Abb. 1: Teilorganisation des kooperativen IKM-Versorgungssystems

ZIM – Zentrum für Informations- und Medientechnologie

Das ZIM ist Dienstleistungs- und Kompetenzzentrum für alle technischen Aspekte zur digitalen Informationsversorgung und -verarbeitung, zur digitalen Kommunikation und zum Einsatz digitaler Medien. Es übernimmt in der Regel die Federführung bei folgenden Aktivitäten:

- Abbildung universitätsweiter Geschäftsprozesse auf IKM-Dienste und -Anwendungen;
- Umsetzung strategischer Vorgaben durch operative Regelungen;
- Arbeitsgruppen zu IKM-Spezialgebieten.

Die funktionalen Aufgaben des ZIM sind zu untergliedern nach

- Nutzersupport – Anwendungsunterstützung;
- Projekten – Erprobung, Entwicklung, Content-Erstellung;
- Know-how-Transfer – Beratung, Schulung;
- Infrastrukturen – Planung, Betrieb, Bereitstellung.

Diese sind orthogonal zu den fachlichen Aufgaben des ZIM anzusehen, die die folgenden Bereiche – zugleich die heutigen drei ZIM-Abteilungsbezeichnungen – betreffen:

- Kommunikationssysteme
 - Hochschulnetz, Netzdienste;
 - IT-Sicherheit;
- Informationsverarbeitungssysteme
 - Arbeitsplatzrechnerpools, Server-Hosting und -Housing, Storage;
 - Spezialrechner mit Hochleistungsarchitektur: Cluster, Visualisierungssysteme;
- Multimedia- und Anwendungssysteme
 - Medienproduktion, E-Learning-Tools, E-Administration-Anwendungen;
 - Spezialgeräte: Betrieb, Nutzungsunterstützung, Verleih.

Am 1. April 2008 wurde die Verwaltungsdatenverarbeitung (ehemals Abteilung D2.2) in das ZIM verlagert. Konzeptionell wird dabei die in diesem Bereich bisher gewohnte ganzheitliche Betreuung der Verwaltungssysteme schrittweise aufgegeben. Strukturell erfolgt eine Migration in Richtung einer schichtenartigen Arbeitsteilung, die Synergiepotenziale beinhaltet und damit zukünftig zu höherer Effizienz, Verfügbarkeit und Qualität führt.

Nach Auflösung einer übergangsweise eingerichteten ZIM-Stabsstelle Verwaltungssysteme wurde im Mai 2008 eine organisatorische Verschlinkung von sechs (ursprünglich fünf im Universitätsrechenzentrum sowie D2.2 in der Universitätsverwaltung) auf drei Abteilungen vollendet.

Das Bestreben des ZIM, die Services und deren Realisierung bedarfsgerecht und auf dem jeweiligen Stand der Technik kontinuierlich fortzuschreiben, wird durch eine enge Verzahnung mit der universitären Forschung und Lehre unterstützt. Der Lehrstuhl für IT-Management (ITM), der dem Institut für Informatik in der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät angehört, wird in Personalunion durch den Direktor des ZIM geleitet. Derzeitig liegen die dortigen Schwerpunkte in den Bereichen Hochleistungsrechnen/Parallele Programmierung und Wissenschaftliche Visualisierung/Virtuelle Realität, unter anderem gefördert durch die IT-Firma Bull im Rahmen einer Kooperation mit dem ZIM/ITM.

Kooperation von ZIM, ULB, UKD, Universitätsverwaltung und Fakultäten

Die IOs sind die für IKM-Angelegenheiten zuständigen Ansprechpartner in den jeweiligen Einrichtungen. Sie bündeln die Anforderungen der Nutzer, kommunizieren diese in der KIM und dienen als Multiplikatoren

- in Fällen persönlichen Rücksprachebedarfs durch das ZIM,
- der in der KIM abgesprochenen Aufgabenverteilung zwischen den IKM-Versorgern und
- zur Gestaltung von Koordinierungs- und Standardisierungsprozessen.

Über die institutionalisierte Kommunikation hinaus wird die Zusammenarbeit auf technischer Ebene ausdrücklich ermutigt. So gibt es eine Reihe von Absprachen und Arbeitsgruppen zu einzelnen Sachfragen oder technischen Fragestellungen.

Planungen zur Verlagerung des Betriebs lokaler IKM-Dienste zum ZIM – oder umgekehrt – müssen – ebenso wie neue IKM-Maßnahmen – über den CIO in der KIM koordiniert werden.

Vorstellung des Aufbaus der neuen Storage- und Serverdienste

Eines der wesentlich notwendigen Standbeine jedes IT-Versorgungskonzeptes ist eine zuverlässige, den Erfordernissen angepasste Infrastruktur. Sie ermöglicht neben weiteren Faktoren wie einer ausreichenden Anzahl von geschulten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und modernen Organisationsformen erst zentrale, bedarfsgerechte Dienstangebote.

Während in der Vergangenheit häufig der Aufbau dezentraler IT-Infrastrukturen ein angemessener Weg zur IT-Versorgung der Einrichtungen der Universität sein konnte, ist heute zunehmend die Notwendigkeit von auf zentralen Strukturen basierenden Serviceangeboten zu verzeichnen. Die Ursache liegt in der größer werdenden Abhängigkeit der universitären Geschäftsprozesse von verlässlichen und sicheren IT-Dienstleistungen. Mit

der Industrialisierung beziehungsweise Standardisierung der IT ist außerdem das Interesse der Fachbereiche an Eigenentwicklungen zurückgegangen. Die Zentralisierung ermöglicht Kostenersparnis durch Bündelung von Diensten und Strukturen. Virtualisierungstechniken erlauben die orts- und zeitunabhängige Nutzung von Diensten.

Im Universitätskontext sind neben der geschilderten Notwendigkeit der Professionalisierung der IT-Dienste auch Entwicklungs- und Forschungsgesichtspunkte zu berücksichtigen. Gerade auch im Zusammenhang mit einem Informatiklehrstuhl für IT-Management spielen Entwicklungs- und Forschungsgesichtspunkte eine große Rolle. In diesem Zusammenhang ist die Fortschreibung der Infrastruktur unter Berücksichtigung des Einsatzes neuer Technologien auch zum Zweck der Erprobung unverzichtbar.

Mit der Inbetriebnahme der neuen Server- und Storage-Infrastruktur wird ein abgestuftes, offenes Servicemodell eingeführt. Auf jeder Ebene werden die Dienstleistungen der darunterliegenden Ebene genutzt und genau definierte Services nach oben abgegeben. Die Leistungen jeder Ebene werden sowohl im Rahmen der Infrastruktur genutzt als auch nach „außen“ abgegeben.

Abb. 2: Infrastruktur-Service-Layer

Serverräume und Server-Housing

Basis einer verlässlichen technischen Infrastruktur sind gut ausgestattete Serverräume. Zum Zwecke der Desastervorsorge sind mehrere Räume in verschiedenen Bauabschnitten vorzusehen (Zweiraum- oder sogar Mehrraumkonzept). Server und Storage werden in den Räumen teilweise redundant aufgestellt. Im Katastrophenfall (Brand, Wasserschaden und so weiter) kann dann mit Hilfe von vorbereiteten Maßnahmen ein Notbetrieb der wichtigsten IT-Dienste aufrechterhalten werden. Für die Heinrich-Heine-Universität kann das ZIM neben einem eigenen Raum (Maschinensaal) auch Geräte in einem Serverraum der ULB aufstellen.

Zur technischen Ausstattung eines guten Serverraums gehören unter anderem:

- redundante Stromversorgung,
- Klimatisierung,
- technische Zugangskontrolle,
- Verkabelung,
- Datennetz,
- Geräte-Racks und
- Brandschutz (zum Beispiel Vorrichtungen zur Brandfrüherkennung).

Ohne die Bedeutung aller Einzelheiten im Detail zu erörtern, wird hier nur auf zwei der Komponenten eingegangen:

Alle ZIM-eigenen Racks sind redundant an das Stromnetz angeschlossen: einmal an das so genannte Stadtnetz und auf der anderen Seite an eine batteriebetriebene unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Alle Server, die nicht Teil eines Clusters sind, können damit ebenfalls an beide Stromversorgungen angeschlossen werden. Damit übernimmt im Falle eines Stromausfalls des Stadtnetzes die USV für eine gewisse Zeit. Andererseits sind auf diese Weise auch Ausfälle oder Wartungsarbeiten an der USV ohne Ausfälle wichtiger Funktionen zu verkraften.

Unter dem Modestichwort „Green IT“ verbergen sich unter anderem auch effiziente Klimatisierungsmaßnahmen. Heutige Klimaanlage, passive Maßnahmen (Wärme- und Kälteisolierung und andere bauliche Maßnahmen) sowie gezielte Kühlung (wassergekühlte Racks) erlauben sehr effiziente Klimatisierung. Leider gibt es gerade bei der Klimatisierung erheblichen Nachbesserungsbedarf in allen zentralen Serverräumen der Universität. Wirksame Verbesserungen in diesem Bereich erfordern große Investitionssummen, die sich aber relativ schnell durch erhebliche Energieeinsparungen amortisieren würden.

Eine Modernisierung und Erneuerung der Serverräume, insbesondere im Hinblick auf die Klimatisierung, würde dem ZIM erlauben, sein Angebot auf Server-Housing auszuweiten. Gemeint ist hier, dass Einrichtungen der Universität eigene Server oder Rechner-Cluster in zentralen Serverräumen aufstellen und betreiben können. Sie können damit alle oben erwähnten Ausstattungsmerkmale für ihre eigenen Rechner nutzen und stehen nicht mehr vor der Notwendigkeit, eventuell faule Kompromisse zwischen Betriebssicherheit und -kosten einzugehen. Da eine Kühlung gerade von institutseigenen High-Performance-Clustern so gut wie immer erforderlich ist und die Aufstellung häufig in völlig ungeeigneten Räumen (Südfenster!) erfolgen muss, ergeben sich durch zentrale Aufstellmöglichkeiten potenziell erhebliche Einsparungen sowohl bei Investitionsmaßnahmen als auch beim Energieverbrauch.

Verteiltes Storage-Netz

Die eingangs erwähnte Bewilligung von Mitteln zur Erneuerung der Server- und Storage-Infrastruktur erlaubte den Aufbau eines großen Speichernetzes auf Fibre-Channel-Basis. Im Sommer 2007 wurde die Storage-Maßnahme zusammen mit Fileserver-, Backup- und Archivierungsfunktionalitäten europaweit ausgeschrieben (beschränkte Ausschreibung nach Teilnehmerwettbewerb). Im Vorfeld der Ausschreibung wurden die Lösungsansätze verschiedener Hersteller eingehend untersucht. Die Ausschreibung selbst enthielt ein umfangreiches Pflichtenheft. Eine Festlegung oder Bevorzugung bestimmter Technologien

oder Hersteller war aber nicht gegeben. Gewonnen wurde die Ausschreibung von einem Angebot auf Basis von Produkten der Firma IBM. Das ZIM hat damit technisches Neuland betreten, da bisher Produkte dieses Herstellers im ZIM an zentraler Stelle noch nicht vertreten waren.

Das Storage-Netz (SAN⁷) wurde verteilt auf zwei Standorte aufgebaut. Etwa zwei Drittel der Kapazität sind im Maschinensaal des ZIM, der Rest im Serverraum der ULB installiert. Um die Entfernung von etwa 500 Metern zwischen beiden Standorten zu überbrücken, wurde Dark Fibre auf mehreren redundanten Wegen eingesetzt. Basis des Netzes sind je zwei Switches an jedem Standort. Damit sind alle Wege und Verbindungen redundant ausgelegt. Alle Komponenten sind mit einer Datenrate von 4 GBit/s an das Speicher-Netz angeschlossen.

Abb. 3: Storage-Netz im Maschinensaal des ZIM

Der Datenspeicher ist in vier Disk-Arrays organisiert, die jeweils bis zu 112 Festplatten unterschiedlicher Technologien enthalten können.

Vorteile der eingesetzten RAID⁸-Technologien sind:

- Sicherheit durch RAID-Technologie: Für jeden Datenblock werden Prüfsummen geschrieben, die bei Ausfall einer oder mehrerer Festplatten die Wiederherstellung der Daten ermöglichen.

⁷ SAN: Storage Area Network

⁸ RAID: Redundant Array of Independent Disks

- Einsatz von Hotspare-Platten: Bei Ausfall einer Festplatte übernimmt automatisch eine in Reserve gehaltene Festplatte deren Funktion.
- Hohe Zugriffsgeschwindigkeiten: Datenblöcke werden verteilt auf mehrere Festplatten geschrieben. Somit ist für große Datenmengen ein sozusagen paralleles Lesen oder Schreiben möglich.
- Einsatz von gemischten Technologien: Durch den Einsatz von unterschiedlichen Festplattentechnologien kann eine an den Bedarf der einzelnen Applikation angepasste Versorgung mit Plattenplatz erreicht werden. Für große Datenmengen, auf die vergleichsweise selten, dafür aber in großen Mengeneinheiten zugegriffen wird, stehen SATA-Festplatten, für Anwendungen mit höheren Anforderungen stehen Festplatten mit Fibre-Channel-Zugriff in zwei Geschwindigkeitsstufen zur Verfügung.

Einen Überblick über die Kapazitäten der Festplattensubsysteme gibt die folgende Tabelle.

Anzahl Festplatten	304
Gesamtkapazität brutto	134 Terabyte ⁹
Fibre Channel 15.000 rpm ¹⁰	10,2 Terabyte
Fibre Channel 10.000 rpm	37,6 Terabyte
SATA	51,3 Terabyte
Gesamtkapazität netto	99,1 Terabyte

Über die genannten Punkte hinaus bieten moderne RAID-Systeme wichtige Zusatzleistungen wie Vergrößern und Verkleinern von Storage-Bereichen, Spiegelung (Mirroring), Replikation und Snapshot-Technologien. Normalerweise stehen diese Funktionen nur innerhalb eines RAID-Systems zur Verfügung. Außerdem sind die Techniken und die Bedienungsschnittstellen bei Produkten unterschiedlicher Hersteller, manchmal auch bei verschiedenen Produkten eines Herstellers verschieden. Zur Überwindung dieser Systemgrenzen wird im ZIM eine so genannte „Virtualisierungskomponente“ eingesetzt. Diese erlaubt dem Systemadministrator die Betrachtung des gesamten Storage als ein einziges RAID-System. In diesem System können unterschiedliche Systeme vieler Hersteller eingesetzt werden. Daten können auch über Standortgrenzen automatisch repliziert werden. Der Einsatz von Storage-Virtualisierung beschleunigt den Datenzugriff weiter, da intern ein großer Cache-Bereich verwendet wird.

Die Vorteile der Virtualisierung liegen auf der Hand:

- hohe Flexibilität bei der Einrichtung und Veränderung von Datenbereichen für Anwendungen,
- verbesserte Ausnutzung des vorhandenen Plattenspeichers,
- Möglichkeit der Integration auch älterer, noch vorhandener Hardware,
- weitere Beschleunigung des Datentransfers durch Nutzung eines großen Caches und
- Einsparung von Lizenzkosten bei bestimmten Kostenmodellen (hostbasiertes Lizenzmodell).

⁹ 1 Terabyte (TB) = 1.000 Gigabyte (GB)

¹⁰ rpm: revolutions per minute (Umdrehungen pro Minute).

Der größte Zugewinn ist allerdings in der Systemsicherheit zu sehen. Das oben erwähnte Zweiraumkonzept wird mit Hilfe der Storage-Virtualisierung realisiert. Die wichtigsten Daten der Universität mit einer hohen Verfügbarkeitsgarantie werden zukünftig auf den Plattenspeichern der beiden Standorte parallel gehalten. Das heißt, Daten, die im ZIM erzeugt werden, werden auf Datenspeicher in der ULB repliziert und umgekehrt. Beim Ausfall von Plattenspeicher an einem der beiden Standorte kann der andere Standort übernehmen. Die Übernahme soll allerdings auch in Zukunft nicht automatisch erfolgen, sondern immer nur per Hand initiiert werden. Die Gefahr von Pseudoausfällen, bei denen in Wirklichkeit nur die Verbindung zwischen den beiden Standorten gestört ist, wäre sonst zu groß. Automatisierte Übernahmen wären dann eher gefährlich als hilfreich.

Die Dienstleistung, die durch das Storage-Netz angeboten wird, besteht in Speicherbereichen mit bestimmten Merkmalen wie Größe, Zugriffsgeschwindigkeit, hauptsächlicher Nutzungsart, Absicherung durch Replizierung, Mirroring oder Snapshots. Der technische Zugriff erfolgt ausschließlich blockbasiert, dem abnehmenden Host wird Plattenspeicher über so genannte LUNs¹¹ zur Verfügung gestellt. Eine LUN verhält sich gegenüber dem Betriebssystem genau wie eine herkömmliche Festplatte. Sie besitzt aber die oben beschriebenen zusätzlichen Merkmale und befindet sich auch nicht im Gehäuse des Rechners, sondern möglicherweise sogar an einem Standort mehrere Hundert Meter entfernt. Der Rechner muss sich aber im nahen Umkreis eines SAN-Switches befinden und über eine spezielle Hardware, einen Host-Bus-Adapter, und über Fibre Channel mit ihm verbunden sein. Dies schränkt den „Kundenkreis“ ein auf Rechner, die an einem der beiden Standorte aufgestellt sind, im Wesentlichen also auf Rechner, die vom ZIM oder von der ULB betreut werden. In einer weiteren Ausbaustufe ist die Verwendung des normalen Datennetzes geplant. Dann können auch Rechnern, die nicht in der Nähe von SAN-Switches aufgestellt sind, über iSCSI-Verbindungen LUNs aus dem Festplattensystem zur Verfügung gestellt werden.

Fileserver

Für eine große Anzahl von Benutzerinnen und Benutzern wird Speicherplatz logisch als Share oder Export über einen Fileserver zur Verfügung gestellt. Zugriffsvarianten sind CIFS-Protokolle, das sind Filesharing-Techniken, die vor allem in der Microsoft-Windows-Welt genutzt werden, sowie NFS für Linux-, Unix- und Mac-Benutzer.

Alle Universitätsangehörigen mit einer ZIM-Benutzerkennung (E-Mail-Kennung) erhalten automatisch einen eigenen Bereich, in dem sie orts- und betriebssystemunabhängig Daten ablegen können. Dieser Bereich wird regelmäßig auf Band gesichert.

Einrichtungen der Universität werden auf Wunsch je nach Verfügbarkeit ebenfalls eigene Bereiche eingerichtet. Bei Bedarf werden in einem Vorgespräch Art, Menge und Sicherungsbedarf der Daten geklärt. Außerdem werden Verfahren zur Administration der Nutzer, die auf diesen Bereich zugreifen können, festgelegt. Anschließend wird ein virtueller Fileserver mit den besprochenen Eigenschaften im Netz der nutzenden Einrichtung angelegt. Die Nutzeradministration kann über ein eigenes Active Directory, einen eigenen LDAP- oder NIS-Server oder Ähnliches erfolgen. In den meisten Fällen entscheiden sich die Anwender aber für die Nutzung des zentralen Active Directories, das sich zurzeit zwar

¹¹ LUN: Logical Unit Number

noch im Aufbau befindet, für den Fileserver aber schon genutzt werden kann. Die Einrichtungen behalten auch bei der Nutzung des zentralen Directorys die volle Kontrolle über ihren Nutzerkreis.

Nach Absprache werden die Exports beziehungsweise Shares des Fileservers nach Plan gesichert. Zusätzlich können Snapshots eingerichtet werden, die es Endanwendern erlauben, versehentlich gelöschte oder beschädigte Daten innerhalb eines gewissen Zeitraums selbstständig wiederherzustellen.

Hosts und virtuelle Server

Ein Drittel der zur Verfügung stehenden Summe wurde in die Erneuerung der Server-Infrastruktur investiert. Wegen guter Skalierungsmöglichkeiten, des geringen Aufwands bei Erweiterung und der einfachen, einheitlichen Administration kommen zum großen Teil Blade-Systeme der Firma Hewlett-Packard zum Einsatz. Die Besonderheit von Blade-Servern liegt in einer speziellen Bauform, die es ermöglicht, Server, die so genannten Blades, neben- oder übereinander in einem Baugruppenträger, dem Enclosure oder auch Blade-Center, anzuordnen. Sie werden zur Installation und Inbetriebnahme in Slots geschoben und sind dann automatisch mit der Backplane des Baugruppenträgers verbunden. Das Enclosure enthält weitere Hardware, wie Netz-, SAN- und KVM-Switches zur Anbindung an das Daten- und das Storage-Netz und zur Administration der Blades und der Enclosures. Eine weitere Verkabelung der einzelnen Server ist nicht erforderlich. Für das gesamte Enclosure, das bis zu 16 Hosts aufnehmen kann, wird nur ein einziger Tastatur-Grafik-Maus-Controller (KVM) benötigt.

Abb. 4: Blade-Center im Maschinensaal des ZIM

Im Jahr 2007 konnten zwei Enclosures mit insgesamt acht Blade-Servern im Maschinensaal des ZIM aufgebaut werden. Eine Reihe von zusätzlichen Blades im ZIM sowie ein weiteres Enclosure mit zwei Servern für die ULB wurden im Jahr 2008 beschafft.

Im Rahmen der vorhandenen Kapazitäten können Einrichtungen der Heinrich-Heine-Universität eigene kompatible Blades in den zentralen Blade-Centern nach Absprache einbauen lassen und damit von der zentralen Infrastruktur profitieren. In größerem Umfang wird dieses Angebot von der zentralen Universitätsverwaltung für wichtige Anwendungen wie die Software für das kaufmännische Rechnungswesen (Mach) genutzt. Auch die ULB wird die Funktionsfähigkeit der eigenen PC-Arbeitsplätze über Blade-Server steuern.

Ein weiterer Meilenstein auf dem Weg zu einem sicheren Versorgungskonzept für die Heinrich-Heine-Universität ist die Server-Konsolidierung mit Hilfe von Server-Virtualisierung. Dabei können auf einem (Hardware-)Host mehrere virtuelle Rechner in Betrieb genommen werden. Aus Anwendersicht verhält sich ein virtueller Server wie ein realer mit allen Komponenten physischer Server, im Einzelfall sogar mit optischem Laufwerk und Geräteschnittstellen. Eine auf dem Endbenutzerarbeitsplatz installierte Client-Software oder eine Web-Anwendung ermöglicht den Zugriff auf den virtuellen Rechner. Die Vorteile für die Benutzerin oder den Benutzer liegen auf der Hand: Es muss keine eigene, standortgebundene Hardware vorgehalten werden. Die Sicherheit ist potenziell als etwas größer einzuschätzen, da grundsätzlich RAID-Systeme zum Einsatz kommen. Außerdem ist ein Diebstahl eines einzelnen virtuellen Servers unmöglich. Virtuelle Server, auf denen gerade keine Anwendungen aktiv sind, benötigen so gut wie keine Ressourcen und haben damit auch keinen Energieverbrauch im Gegensatz zu realen Rechnern, die auch im Leerlauf Strom verbrauchen. Dementsprechend ist die Nachfrage nach virtuellen Rechnern aus den Einrichtungen der Universität riesig.

Virtuelle Server werden vom ZIM auf Nachfrage, auf Wunsch auch vorinstalliert oder mit „eingeleger“ Installations-DVD, eingerichtet. Das ZIM hat gewisse Regularien zur Benutzung der virtuellen Server eingeführt: Die Lizenzkosten der eingesetzten Software sind von den Anwendern selbst zu tragen. Die Anwender haben dieselben Sorgfaltspflichten, zum Beispiel zum Schutz vor Missbrauch, zu beachten wie beim Einsatz realer Hardware. Sie müssen selbst für die Datensicherung sorgen, die aber ebenfalls als Dienstleistung vom ZIM übernommen werden kann.

Aus Sicht des Betreibers der virtuellen Server-Infrastruktur ergibt sich eine Reihe weiterer wichtiger Vorteile:

- **Serverkonsolidierung:** Durch die Einführung der virtuellen Server konnten alleine im ZIM mehrere Dutzend reale Server aufgegeben werden.
- **Optimierung der Hardware-Auslastung:** Auf einigen wenigen, aber sehr leistungsstarken Blade-Servern konnten bis Ende August 2008 mehr als 100 virtuelle Server eingerichtet werden. Die eingesetzte Infrastruktur-Software erlaubt zudem das flexible Verschieben von virtuellen Servern auf mehrere Hardware-Plattformen, so dass bei drohender Überlast eines Host-Systems die Last auf weniger belastete Systeme verteilt werden kann. Es ist außerdem möglich, wichtigen virtuellen Servern bestimmte Betriebsmittel zu garantieren oder ihnen Priorität vor anderen Servern einzuräumen.
- **Mehr Flexibilität, Skalierbarkeit:** Ein virtueller Rechner mit einer Standardkonfiguration kann innerhalb von wenigen Minuten eingerichtet und installiert werden.

- Verbesserung des Server-Managements.
- Infrastrukturen können auch über Standortgrenzen aufgebaut werden. Im Katastrophenfall können somit wichtige Server schnell auf einen anderen Standort umziehen und damit betriebsbereit bleiben.

Software und Applikationen

Zur Vervollständigung des abgestuften Infrastrukturkonzepts sei hier schließlich noch kurz die Bereitstellung von Software erwähnt. Dazu gehören:

- die Installation und der Betrieb von Betriebssystemen (Linux, Solaris, Windows) auf ZIM-eigenen Hosts beziehungsweise die Vorinstallation von Standardbetriebssystemen auf virtuellen Rechnern,
- die Installation und die Pflege weiterer systemnaher Software,
- das Einrichten und die Pflege von Datenbanken (Postgres, MySQL, Informix, SQL-Server) bei Bedarf und nach Absprache,
- die Bereitstellung und der Betrieb von Middleware, Web-Servern mit Tomcat und Ähnlichem sowie
- die Installation und Pflege anderer Anwendungen nach Absprache und Plan.

Abb. 5: Tape-Library im Server-Raum der ULB

Backup

Datensicherung auf logischer Ebene ist nicht integraler Bestandteil des Infrastruktur-Stufenkonzepts. Sie ist als ein gesonderter flankierender Baustein zu verstehen, der in jedem Fall einzeln zu betrachten ist. Dies ist besonders hervorzuheben, da es keinen Automatismus zur Wiederherstellung verlorener Daten auf logischer Ebene geben kann. Die Annahme, dass „Daten beim Rechenzentrum schon sicher“ seien oder automatisch gesichert werden und im Fehlerfall wieder hergestellt werden könnten, kann leider nicht umgesetzt werden. Datensicherung muss von den Anwendern bei den zuständigen ZIM-Mitarbeitern eigens angefordert werden. Nur so ist die Verabredung einer auf die speziellen Erfordernisse der Anwendung abgestimmten Policy möglich. Zu einer verlässlichen Datensicherung gehören auch Recovery-Tests, um unliebsamen Überraschungen im Fehlerfall vorzubeugen.

Im Rahmen der beschriebenen Storage-Ausschreibung wurde auch eine große Tape-Library (Bandroboter) für die Datensicherung mit sechs LTO-4-Laufwerken und 720 Kassetten mit jeweils 800 Gigabyte (komprimiert: 1.600 Gigabyte) beschafft. Zusammen mit einem großen Cache-Festplattenspeicher, zwei Backup-Servern und der IBM Tivoli TSM-Software stellt die Tape Library die technische Ausstattung für ein leistungsfähiges Backup zur Verfügung.

Literatur

- HEINRICH-HEINE-UNIVERSITÄT DÜSSELDORF (2007). *IKM-Versorgungskonzept*. Amtliche Bekanntmachungen der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Nr. 4/2007, (22.02.2007), 2–8.
- JULING, Wilfried (2003). *Gutachten zum Einsatz der Informations- und Kommunikationstechnik sowie von Medien und der dazu erforderlichen organisatorischen Infrastruktur an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf*. Karlsruhe. (20.08.2003)
- OLBRICH, Stephan und Sebastian MANTEN (2007). „Hochleistungsrechnen und parallele Programmierung: Service für sowie Gegenstand von Forschung und Lehre“, in: Alfons LABISCH (Hrsg.). *Jahrbuch der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf 2006/2007*, 575–589.
- OLBRICH, Stephan (2008). „Das IKM-Versorgungskonzept der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf“. Eingeladener Vortrag zur Frühjahrstagung des ZKI-Vereins (Zentren für Kommunikation und Informationsverarbeitung in Lehre und Forschung e.V.), Regensburg, 05.03.2008.