



Informationsverarbeitung an Hochschulen – Organisation, Dienste und Systeme

Empfehlungen der
Kommission für IT-Infrastruktur
für 2011–2015

Deutsche
Forschungsgemeinschaft
2010

Informationsverarbeitung an Hochschulen –
Organisation, Dienste und Systeme
Empfehlungen der Kommission für IT-Infrastruktur
für 2011–2015

Verantwortlich für den Inhalt:
Dr. Werner Bröcker
Frank König

Bezug: Bereich Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der DFG

Onlineversion der Empfehlungen auf den Internetseiten der DFG unter
www.dfg.de/wgi

Inhalt

Vorwort.....	V
Kommission für IT-Infrastruktur	VI
1 Zusammenfassung.....	1
2 Prozesse und Organisation.....	6
2.1 Integriertes Informationsmanagement	7
2.1.1 Identity Management (IdM), Rechte und Rollenmanagement	8
2.1.2 Sicherheitsinfrastruktur	9
2.2 Leitungsstrukturen und Verantwortlichkeiten	9
2.3 Hochschulübergreifende Kooperation.....	11
2.3.1 Gemeinsame Ressourcen, Forschungs-Clouds und Datenverbünde	11
2.3.2 Softwarelizenzen	12
2.3.3 Verbünde in der Medizin.....	12
3 Dienste und Versorgung	13
3.1 Dienste-Architektur	13
3.2 Dienstleistungsinfrastruktur.....	15
3.3 IT-Versorgung einer Hochschule	16
3.4 Unterstützung der Kernprozesse	17
3.4.1 Kernprozess Forschung.....	17
3.4.2 Kernprozess Lehre	18
3.4.3 Administrative Unterstützungsprozesse	18
3.5 Basis-IT-Infrastruktur einer Hochschule im Sinne hoheitlicher Dienste	19
3.5.1 Organisatorische Grundregeln.....	19
3.5.2 Datenschutz und IT-Sicherheit	20
3.6 Elementare Bausteine der IT-Versorgung	21
3.6.1 Zentrale versus dezentrale Betreuung von Infrastruktur.....	21
3.6.2 Nutzung von Economy-of-Scale	22
3.6.3 Unterstützung / Ergänzung dezentraler IT	22
3.7 Mehrwertdienste	22
3.7.1 Studierendenzentriertes Campus-Management	23
3.7.2 E-Learning	24
3.7.3 Unterstützung von E-Science	25
3.7.4 Computational Science and Engineering.....	26
3.8 Dienste-Management.....	28
3.9 Hochschulmedizin.....	28
3.9.1 IT und Medizinprodukte	29
3.9.2 IT-Infrastrukturen für die medizinische Forschung	30
3.9.3 IT-Systeme für die medizinische Ausbildung.....	31

3.9.4	IT-Organisation in der Hochschulmedizin	32
4	IT-Systeme	34
4.1	Netze	34
4.2	Rechnersysteme	37
4.2.1	Arbeitsplatzrechner für Studierende	37
4.2.2	Arbeitsplatzrechner für Wissenschaftler	37
4.2.3	Lokale Computeserver	39
4.2.4	Hochleistungsrechner	39
4.2.5	Höchstleistungsrechner	40
4.3	Server	41
4.4	Datenhaltung	43
4.4.1	Allgemeine Bemerkungen	43
4.4.2	Langzeitarchivierung	43
4.5	Software	44
4.6	Querschnittsfunktion Energieeffizienz	45
5	Finanzbedarf	46
5.1	Stand der Versorgung	46
5.1.1	Arbeitsplatzrechner für Studierende	46
5.1.2	Arbeitsplatzrechner für Wissenschaftler	47
5.1.3	Gesamte IT-Investitionen	48
5.2	Volumen der zukünftigen Investitionen	49
6	Antragstellung	52
	Glossar	53

Vorwort

Der Wandel der Informations- und Kommunikationsstrukturen prägt die technologische, wirtschaftliche und soziale Entwicklung der globalen Gesellschaften wie nie zuvor. In ihren letzten Empfehlungen hatte die Kommission für IT-Infrastruktur (KfR) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) auf den grundlegenden Wandel der Anforderungen an die IT-Infrastruktur an den Hochschulen hingewiesen, nämlich Nutzeranforderungen, Dienste und IT-Infrastruktur ganzheitlich zu betrachten. Fragen der effektiven Nutzung der Informations- und Kommunikationstechniken und neuartige Formen der Informationsbereitstellung und -bewertung sowie Veränderungen der vorhandenen Infrastrukturen waren in den Vordergrund gerückt. Informationstechnik ist zum unverzichtbaren Teil jeder Forschungsinfrastruktur, „Information“ zu einem zentralen Standortfaktor für Wissenschaft und Wirtschaft geworden.

Die nun vorgelegten Empfehlungen der Kommission für IT-Infrastruktur greifen die Entwicklungen der vergangenen fünf Jahre im In- und Ausland auf, leiten daraus Prognosen ab und nehmen zu IT-relevanten Fragen Stellung. Ob Organisation oder Dienste, ob Forschung und Lehre oder Verwaltung und Hochschulleitung – überall ist das Integrierte Informationsmanagement gefordert und sichtbar. Rechenzentren entwickeln sich von Bereitstellern von Infrastruktur zu IT-Servicezentren, deren Spektrum an Nutzergruppen sich ständig erweitert. Bei IT-Systemen rücken gegenüber der reinen Beschaffung immer komplexere Nutzungskonzepte sowie Betriebs- und Folgekosten in den Vordergrund. Doch auch technologisch tut sich viel: Mit den heutigen und kommenden Mehrkernprozessoren wird Parallelverarbeitung allgegenwärtig, unter dem Schlagwort „Green IT“ sind neuerdings Kennzahlen wie „Gleitpunktoperationen pro Watt“ gefragt, und mit dem Exascale-Computing zeichnet sich eine Technologie ab, die viele Bereiche der Wissenschaft revolutionieren wird, deren Beherrschbarkeit aber noch in weiter Ferne liegt.

Eine effiziente IT-Infrastruktur für Forschung, Lehre und Krankenversorgung wird somit zur entscheidenden Voraussetzung für den Erfolg von Hochschulen und Universitätsklinika im nationalen wie internationalen Wettbewerb. Hier werden zusätzlich hohe Belastungen vornehmlich auf die Länder zukommen.

Die Empfehlungen der Kommission für IT-Infrastruktur der DFG richten sich an Antragsteller von Hochschulen und Hochschulleitungen als Ganzes sowie an zuständige Stellen bei Bund und Ländern und sollen den genannten Zielgruppen einen Überblick sowie eine Entscheidungshilfe bei der nachhaltigen Gestaltung IT-relevanter Prozesse an Hochschulen geben.

Ich danke allen, die als Mitglieder der Kommission für IT-Infrastruktur oder in Zusammenarbeit mit ihr diese Empfehlungen erarbeitet haben.



Professor Dr.-Ing. Matthias Kleiner
Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Kommission für IT-Infrastruktur

Die Kommission für IT-Infrastruktur (KfR) befasst sich mit grundsätzlichen Fragen der Informationsversorgung und -verarbeitung der Hochschulen und verfasst für die mittelfristige Planung entsprechende Empfehlungen. Sie bewertet das Ergebnis der Begutachtung von Großgeräteanträgen mit IT-Systemen aus der Allgemeinen Forschungsförderung der DFG sowie aus den Programmen „Forschungsgroßgeräte“ nach Art. 91b GG und „Großgeräte der Länder“ nach Art. 143c GG. Außerdem beobachtet die Kommission die Entwicklungen im IT-Bereich, stellt diese in einen internationalen Kontext und nimmt zu relevanten Fragen Stellung.

Die Kommission besteht aus wissenschaftlichen Mitgliedern, die für jeweils drei Jahre vom Hauptausschuss der DFG gewählt werden. Im Jahr 2010 gehören der Kommission folgende wissenschaftliche Mitglieder an:

- **Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz** (Vorsitzender)
Technische Universität München
- **Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl**
Technische Universität Darmstadt
- **Prof. Dr. Jörg Becker**
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
- **Prof. Dr. Dr. Johannes Bernarding**
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- **Prof. Christian Bischof**, Ph.D.
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- **Prof. Dr.-Ing. Werner Bonath**
Fachhochschule Gießen-Friedberg
- **Prof. Dr. Markus Clemens**
Bergische Universität Wuppertal
- **Prof. Dr. Christel Marian**
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
- **Prof. Dr. Wolfgang E. Nagel**
Technische Universität Dresden
- **Prof. Dr. Hans Ulrich Prokosch**
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- **Prof. Dr. Joachim Sauer**
Humboldt-Universität zu Berlin

1 Zusammenfassung

„Gegenüber früheren Empfehlungen haben sich die Anforderungen an die informationstechnische (IT) Infrastruktur, denen sich die Hochschulen heute stellen müssen, grundlegend gewandelt. Standen zunächst eher die technischen Entwicklungen im Vordergrund, so liegt den aktuellen Empfehlungen eine ganzheitliche Betrachtung von Nutzeranforderungen, Diensten und IT-Infrastruktur zugrunde. Diesen Wandel spiegeln Form und Inhalt der neuen Empfehlungen wider.“ Dieser im einleitenden Absatz der Empfehlungen 2006–2010 konstatierte bzw. prognostizierte Wandlungsprozess findet an den Hochschulen inzwischen mit voller Wucht und für alle Beteiligten sichtbar statt. Die Exzellenzinitiative, strukturelle Reformen in Richtung größerer Eigenständigkeit der Hochschulen, das zunehmende Ausmaß an Vernetzung über Institutionen und Ländergrenzen hinweg, aber immer stärker auch Entwicklungen auf internationaler Ebene wie der Bologna-Prozess oder der Wettbewerb um internationale Fördermittel und um die besten Köpfe – sie alle haben fundamentale Veränderungen an den Hochschulen angestoßen bzw. verursacht, die einerseits das Anforderungsprofil an die IT-Infrastruktur beständig qualitativ und quantitativ erweitern, andererseits ohne diese aber gar nicht mehr beherrschbar sind. Die **IT-Infrastruktur** ist somit zum **Rückgrat moderner Hochschulen** geworden, sie betrifft, treibt und beflügelt all deren Bereiche wie **Forschung, Lehre, Verwaltung, Leitungsstrukturen** oder **Hochschulmedizin**.

IT-Infrastruktur kann ihrer Aufgabe, Prozesse zu unterstützen und zu verbessern, aber nur gerecht werden, wenn diese ganzheitlich konzipiert sowie sinnvoll definiert sind und wenn die qualitativ und quantitativ erforderlichen Ressourcen auch bereitgestellt werden. Eine hochwertige IT-Unterstützung bedeutet nicht primär Kostenersparnis, sondern ermöglicht **bessere Ergebnisse** – und die gibt es bekanntlich nicht zum Nulltarif. Nur diejenigen Hochschulen, welche die jeweils erforderlichen Maßnahmen bezüglich Organisationsstrukturen und Prozessen, Diensten und Versorgung sowie Investitionen in geeignete IT-Systeme und in hoch qualifiziertes – in vielen Fällen auch wissenschaftliches – Personal entschlossen umsetzen, werden ihre Kernaufgaben auch in Zukunft unbehindert durchführen können. Und nur denjenigen Hochschulleitungen, welche die Möglichkeiten der Informationstechnologie und die Notwendigkeit der Entwicklung IT-basierter Lösungsprozesse von vornherein in ihre Entwicklungsplanungen der Hochschule mit einbeziehen, wird durch das Aufgreifen innovativer Strukturelemente einer Wissensgesellschaft die nachhaltige Umsetzung ihrer Entscheidungen gelingen können.

IT-Infrastruktur ist dabei eine Infrastruktur, die selbst Gegenstand umfangreicher Forschung sowie extrem schneller Veränderungsprozesse ist – und dies weit über Geräte im engeren Sinne hinaus. Rechenzentren an Hochschulen, oder besser **IT-Servicezentren**, sind **zentrale Dienstleister**, sie sollten stets aber auch Einrichtungen mit **eigenem Forschungs- und Entwicklungsprofil** sein. Wer IT-Infrastruktur, wie immer wieder auch in Entscheidungsgremien unserer Wissenschaftslandschaft zu erleben, in einem Atemzug mit Infrastruktur der

Art eines Verfügungsgebäudes nennt, verkennt diese zentrale Position völlig und schadet – bewusst oder unbewusst – der Zukunftsfähigkeit unserer Hochschulen.

In den letzten Jahren hat sich demgemäß der Wandlungsprozess der klassischen Rechenzentren hin zu modernen IT-Servicezentren noch verstärkt. Über die Bereitstellung der technischen Infrastruktur hinaus werden sie heute als **Anbieter von Dienstleistungen** für die verschiedenen Nutzergruppen an einer Hochschule verstanden. Es wird daher von den IT-Servicezentren erwartet, dass sie die Bedürfnisse ihrer Nutzergruppen aufgreifen und entsprechende Versorgungskonzepte entwickeln – einerseits mit allgemeinen **Basisdiensten**, andererseits mit **nutzergruppenspezifischen Lösungsansätzen**. Das **Spektrum der Nutzergruppen** erweitert sich dabei stetig und erstreckt sich heute nicht mehr nur über Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Studierende, sondern auch über so unterschiedliche Gruppen wie Alumni, Schulen, Kooperationspartner in der Industrie sowie alle Bereiche von Hochschulleitung und -verwaltung. Im Mittelpunkt steht dabei das Ziel eines **Integrierten Informationsmanagements**, das neben der IT der wissenschaftlichen und medizinischen Rechenzentren auch alle anderen IT-gestützten Dienste einer Hochschule umfasst, z. B. die Nachrichten-, Haus- und Medizintechnik sowie das Bibliothekswesen.

Der Schwerpunkt der Investitionen wird auch zukünftig in der Beschaffung von IT-Systemen für die hochschul- und fakultätsweiten Versorgungsstrukturen liegen, die in die universitäre IT-Organisation einzubetten sind. Solche IT-Systeme umfassen dabei neben den klassischen **Mehrzweckrechnersystemen** in zunehmendem Maße auch **Netzwerkkomponenten**, spezialisierte **Server** mit ganz unterschiedlichen Funktionalitäten, **mobile Endgeräte** sowie **Softwarepakete** oder auch komplette **IT-Dienstleistungen**. Zudem zeichnet sich ab, dass gerade bei größeren IT-Investitionen die **Betriebs- und Folgekosten** der eigentlichen Beschaffung – also etwa Raumbedarf, Klimatisierung, Strom, Wartung, Gewährleistung, Betriebspersonal oder Softwareupdates – einen immer bedeutenderen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen. Eine stärkere Betrachtung dieser tatsächlichen Gesamtkosten im Sinne eines **Total-cost-of-ownership** als dem eigentlichen Investitionsvolumen ist dabei dringend geboten, und dies gilt für die beschaffenden Institutionen, die entsprechend kalkulieren müssen, ebenso wie für die Fördermittelgeber, die eine solche Gesamtbetrachtung nicht durch die strikte Trennung überkommener Kostenkategorien behindern dürfen. Deshalb, aber auch im Sinne des Leitgedankens des Integrierten Informationsmanagements, ist es unabdingbar, dass sich alle Beschaffungen von IT-Systemen sämtlicher Bereiche hinsichtlich Bedarf, Systemauswahl und Betriebskonzept **in fakultäts- und hochschulweite Planungen einfügen**. Dies gilt unabhängig davon, ob es sich um ein lokal zu nutzendes Gerät oder eines mit zentraler Funktion handelt, und unabhängig davon, ob das Gerät zentral oder dezentral betrieben wird. Die Darlegung des **Betriebskonzepts** und seiner **Einbettung in die IT-Strategie der Hochschule bzw. in entsprechende landesweite Konzepte** wird somit zu einem Kernbestandteil jedes Antrags. Ja mehr noch: Das Fehlen solcher Konzepte birgt ganz klar die Gefahr des umfassenden Scheiterns, auch wenn Bedarf und Exzellenz der Antragsteller unbestritten sein mögen – eben weil der Einsatz knapper Ressourcen ohne Gesamtkonzept aus Hochschulsicht in unkoordinierten Bahnen und damit oftmals ineffizient zu erfolgen droht.

Bezüglich der Betriebskonzepte zeichnet sich derzeit eine zunehmende Vielfalt ab. Das **Hosting** von IT-Großgeräten in IT-Servicezentren nimmt zu, andere Ressourcen werden auch über Institutionen hinweg gemeinsam betrieben, und immer wieder kommen auch externe (kommerzielle) IT-Dienstleister ins Gespräch. Im ersten Fall bedarf es interner Verrechnungsmechanismen, und die Mittel für die Hosting-Gebühren müssen bereitgestellt werden. **Kooperative**, Institutionen übergreifende **Betriebsmodelle** sind grundsätzlich zu begrüßen, da sie zumeist erhebliche Synergien bieten. Die Gestaltungsfreiheit und -hoheit der Hochschule müssen dabei jedoch ebenso in vollem Umfang gewahrt bleiben wie Sicherheits- und Nachhaltigkeitsaspekte. Gerade unter diesen Gesichtspunkten sind kommerzielle **Outsourcing-Modelle** derzeit eher noch kritisch zu sehen.

Die zunehmende IT-Durchdringung gilt insbesondere auch für den Bereich der **Hochschulmedizin**, deren Aufgaben und Serviceangebot untrennbar mit dem Ziel einer zukünftig immer umfassenderen **elektronischen Krankenakte** im Kontext der Gesamtstrategie eines modernen „Unternehmens Krankenhaus“ verbunden sind. Sowohl die Krankenversorgung als auch die medizinische Forschung und Lehre nutzen IT in rasant zunehmendem Umfang. Dies betrifft gerade auch Systeme mit extrem hohem Datenaufkommen und dem damit verbundenen Integrations-, Explorations- und Nachhaltigkeitsbedarf. Spezielle rechtliche Rahmenbedingungen (etwa im Bereich personenbezogener Daten und Dienste), Hochverfügbarkeit und der Zwang zur Re-Investition schaffen hier zusätzlich einen enormen Kostenfaktor, der nur durch neuartige Dienste für Wissenschaft und Versorgung ausbalanciert werden kann. Im Rahmen von Exzellenzinitiativen oder von größeren Verbundprojekten finden gerade in den Lebenswissenschaften zunehmend ein interdisziplinärer Informationsaustausch und eine Integration komplexester Daten über Standorte und Fachgebiete hinweg statt, die besondere Anforderungen an Hardware (verteilte Speicherkonzepte, Speichervolumen, redundant ausgelegte Hochverfügbarkeitsstrukturen usw.), Organisation und Datenschutz stellen.

Die vergangenen Jahre haben aber auch klar gezeigt, dass der Weg hin zu einem Integrierten Informationsmanagement alles andere als einfach ist. Fehlende oder nicht adäquate Leitungsstrukturen (Verankerung der IT-Strategie auf der Leitungsebene der Hochschule; Stichwort Chief Information Officer (**CIO**)), fehlendes einrichtungsübergreifendes Prozessdenken als Grundlage des Einsatzes von IT-Lösungen, suboptimale Implementierungsstrategien (vom oktroyierenden „Ukas-Prinzip“ bis hin zu anarchisch-unkoordinierten Bottom-up-Zufälligkeiten), Fehleinschätzungen von Softwarelösungen (die Anfälligkeit verfügbarer Eigenentwicklungen, die tatsächliche Funktionalität zugekaufter Lösungen oder den Aufwand von Neuentwicklungen betreffend), fehlende Verwendung von standardisierten Formaten und Strukturen, unangemessener Ressourceneinsatz, unzureichende Zahl und Qualifikation des eingesetzten Personals bzw. ausbleibende Weiterqualifizierungsmaßnahmen, mangelnde Akzeptanz bis hin zu aktiven Widerständen auf allen Ebenen – all das hat vielerorts zu Verzögerungen und Verwerfungen geführt. Und es lässt einmal mehr offensichtlich werden, dass dieser mühsame, aber absolut unerlässliche Wandlungsprozess viel mehr als eine technische Aufgabe ist, sondern **die Hochschulen in ihren Grundstrukturen betrifft**, durch

weitreichende Change-Managementprojekte begleitet werden muss und entsprechende **Priorität auf ihrer Agenda** erfordert.

Unter dem plakativen Schlagwort „**Green IT**“ gewinnt die Thematik der **Energieeffizienz von IT-Produkten** weiter an Bedeutung. Dies ist nicht nur eine Frage ökologischer Verantwortung, sondern auch harter ökonomischer Effizienz. Wenn ernsthaft über Kraftwerke zur Versorgung von Höchstleistungsrechnern nachgedacht wird, wenn bauliche Maßnahmen zur Energieeffizienz nicht umgesetzt werden können, weil Investitions- und Betriebsmittel unterschiedlichen „Töpfen“ zugeordnet werden, was Entscheidungen aufgrund von Gesamtkostenbetrachtungen erschwert, oder wenn die Strom- und Kühlkosten über die Gesamtlaufzeit hinweg nicht im gebotenen Umfang in das Beschaffungskalkül eingehen, dann zeigt dies, dass hier erheblicher Verbesserungsbedarf besteht – bei großen Investitionen ebenso wie bei kleineren Beschaffungsmaßnahmen.

Bei den Herzen unserer „Arbeitspferde“, den **Prozessoren**, erleben wir eine Zeit **spannender Veränderungen**: Parallelrechner sind nicht mehr die Nische weniger „Simulanten“, sondern sie finden sich plötzlich in jedem Büro – und in Zukunft nicht nur in Form von zwei oder vier, sondern über hundert Kernen. Zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler führen Berechnungen nicht auf konventionellen Großrechnern, sondern auf Grafikkarten – selbst als komplexe Parallelrechner organisiert – durch. Und längst sind vielfältigste MpSoC's – Mehrprozessorsysteme auf einem Chip – Realität geworden. Während diese Entwicklungen einerseits **neue Leistungspotenziale** und somit eine Art „**Hochleistungsrechnen für jedermann**“ versprechen, führen sie andererseits auch zu neuen Problemen, da neue Modellierungsansätze, Algorithmen, Datenstrukturen und Softwareentwicklungsansätze nötig sind, um diese Möglichkeiten auszunutzen. Insbesondere die Produktivität des Softwareerstellungsprozesses für Parallelrechner muss drastisch gesteigert werden, um in der wissenschaftlichen Breite dieses Potenzial ausschöpfen zu können.

Die Jahre 2006–2010 waren auch durch die durchaus signifikanten **Veränderungen in der Folge der Föderalismusreform** geprägt – allen voran das Auslaufen des Hochschulbauförderungsgesetzes (HBFUG) sowie das Anlaufen der Nachfolgeprogramme **Forschungsgroßgeräte** nach **Art. 91b GG** (FUGG), Volumen bis 5 Mio. €, **Großgeräte in Forschungsbauten** nach **Art. 91b GG** (FUGB), Volumen größer als 5 Mio. € sowie **Großgeräte der Länder** nach **Art. 143c GG** (LAGG). Markante Punkte sind hierbei erstens der Wegfall des Computer-Investitions-Programms (CIP), zweitens der Wegfall und die Wiedereinführung des Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner-Programms (WAP) – mit einer im Wesentlichen unveränderten Zielsetzung, aber mit an die technische Entwicklung angepassten Konzepten zu den Begriffen „Arbeitsplatz“ und „Großgerät“ – sowie drittens die nicht immer einfache **Abgrenzung zwischen den Förderkriterien nach Art. 91b GG und denen nach Art. 143c GG**. Gerade im Hinblick auf den letztgenannten Punkt wird immer wieder deutlich, dass die zum Teil gravierenden Änderungen noch nicht vollständig im Bewusstsein von Antragstellern, Hochschulen und Ländern angekommen sind. Die strikte Trennung in Forschung und andere Aufgaben wie z. B. Ausbildung oder Krankenversorgung erfordert viel stärker als bisher eine strategische Planung der verschiedenen IT-Investitionen; sie bietet jedoch auch neue Chan-

cen, etwa bei der Förderfähigkeit Institutionen übergreifender Konzepte und Anträge, die nun auch ergriffen werden müssen.

Schließlich sind alle genannten Aspekte nicht auf die deutsche Hochschullandschaft beschränkt. Die Kommission für IT-Infrastruktur hat deshalb von jeher – und seit 2005 in verstärktem Maße – die **internationale Entwicklung** aufmerksam verfolgt und analysiert. Dies betrifft alle **IT-relevanten Wissenschaftsregionen**, IT-Lösungen an Hochschulen weltweit ebenso wie neue Produktrends in Hard- und Software, IT-unterstützte Ausbildungskonzepte ebenso wie einschlägige Förderstrukturen oder einzelne Fachgebiete wie das Hoch- und Höchstleistungsrechnen. Die detaillierten Ergebnisberichte zu den Study Tours der KfR stellen die Analysen der internationalen Entwicklungen in kompakter Form bereit. Insofern spiegeln diese neuen Empfehlungen 2011–2015 der KfR nicht nur die Ergebnisse einer nationalen Innenschau, sondern gerade auch die **Bewertung weltweiter Trends** mit ihren vielfältigen Auswirkungen auf die **Wettbewerbsfähigkeit der Hochschulen in Deutschland** wider.

Die Empfehlungen der Kommission für IT-Infrastruktur der DFG (KfR) richten sich traditionsgemäß, und so auch diesmal wieder, an verschiedene Zielgruppen an den Hochschulen sowie an zuständige Stellen bei Bund und Ländern. Während Kapitel 2 – Prozesse und Organisation – strukturelle Aspekte behandelt und sich somit primär an die Hochschulleitungen wendet, adressiert Kapitel 3 – Dienste und Versorgung – mit umsetzungstechnischen Hinweisen zusätzlich die mit IT-Infrastruktur befassten Einheiten der Hochschulen. Kapitel 4 – IT-Systeme – zielt auf Antragsteller an den Hochschulen ab. Kapitel 5 – Finanzbedarf – analysiert die Entwicklung im Hinblick auf die in den verschiedenen Linien erforderlichen Förder volumina für die Fördermittelgeber, während das kurze abschließende Kapitel 6 – Antragstellung – für Antragsteller die wichtigsten Adressen im Internet benennt.

2 Prozesse und Organisation

Die Anforderungen an die IT-Infrastruktur, denen sich die Hochschulen heute stellen müssen, haben sich grundlegend gewandelt. Standen zunächst eher die technischen Entwicklungen im Vordergrund, so liegt heute eine ganzheitliche Betrachtung von Nutzeranforderungen, Diensten und IT-Infrastruktur im Fokus. Natürlich bieten die Kommunikation und der effiziente Austausch von Information und Wissen ein großes Potenzial für Qualitätsverbesserungen in Forschung, Lehre und Verwaltung der Hochschulen. Bereits in den „Empfehlungen zur digitalen Informationsversorgung durch Hochschulbibliotheken“ des Wissenschaftsrates aus dem Jahr 2001 wie auch in den Empfehlungen „Informationsverarbeitung an Hochschulen (2001–2005)“ der Kommission für Rechenanlagen fordern die jeweiligen Autoren, die institutionelle Trennung z. B. zwischen Hochschulbibliotheken und vergleichbaren Einrichtungen der Wissensspeicherung und Informationsvermittlung aufzubrechen. Die DFG hat deshalb bereits im Jahr 2002 in einem Leistungswettbewerb durch die Förderung von Konzepten zu „Leistungszentren für Forschungsinformation“¹ Hochschulen und Forschungseinrichtungen dazu angeregt, ihr Profil bei der innovativen Anwendung avancierter Informations- und Kommunikationsverfahren in Forschung und Lehre zu stärken. Nach Auslauf der Förderprojekte ist zu konstatieren, dass ein professionelles wissenschaftliches Informationsmanagement Voraussetzung für die effektive strategische Planung und Koordinierung von IuK-Aktivitäten der Hochschule sowie eine an den Bedürfnissen der Forschenden, Lehrenden und Lernenden ausgerichtete Dienstleistungsversorgung ist. Mit einem derartigen Wandlungsprozess wurden in den geförderten Hochschulen beispielhaft auch strukturelle Aspekte adressiert und erfolgreich verändert, die einen bewussten Bruch mit eingefahrenen Organisationsmodellen und Arbeitsmustern forciert haben.

Heute sind zentrale Faktoren für den zunehmend abgestimmten IT-Einsatz zur Unterstützung von Forschung, Lehre, Studium und Verwaltung Ziele wie:

- Integration (durchgängig IT-gestützte integrierte Prozesse; durchgängige organisatorische und technische Integration; multimediale und mobile Kommunikation; neue Lehr-, Lern- und Arbeitsformen),
- Virtualisierung von Daten-, Informations- und Rechendiensten (global transparenter Zugriff auf Kapazitäten und Ressourcen; global kollaboratives Forschen, Entwickeln, Planen und Handeln),
- Lebenszyklusmanagement von wissenschaftlichen Ergebnisdaten, das eine langfristige Datenhaltung sowie eine Bereitstellung der Ergebnisse in nutzbarer Form gewährleistet,

¹Leistungszentren für Forschungsinformation – Eine Förderinitiative der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zur Stärkung der Informationsinfrastrukturen an deutschen Hochschulen und Forschungseinrichtungen (www.dfg.de/service/presse/pressemitteilungen/2004/pressemitteilung_nr_30/index.html)

- Integrierte wissenschaftliche Arbeitsumgebung (neue Formen der Organisation, Kollaboration, Kooperation und Kommunikation mit einer umfassenden Wissensverarbeitung; transparente Nutzung eines breiten Spektrums von Diensten sowie Bereitstellung von Ressourcen und Know-how; erhöhte Anforderungen aus den Grundsätzen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis (Laborbuch, Sicherung der Experimentdaten usw.)),
- Forderung nach erhöhter Qualität (bedarfsgerechte Verfügbarkeit von Informationen und Ressourcen; Servicelevels, Verlässlichkeit und Robustheit; Mobilität, Ubiquität („zu jeder Zeit, an jedem Ort“)),
- Sicherheit (Transfer, Zugang und Management von Daten; Privacy, Protection, Integrität; rechtliche Rahmenbedingungen).

Der Aufbau eines solchen Integrierten Informationsmanagements an der Hochschule ist deshalb kein Selbstzweck. Er dient letztlich der Verbesserung der Arbeitsmöglichkeiten, einhergehend mit der Effizienzsteigerung aller Prozesse an der Hochschule, und setzt eine vorausgehende Analyse, Optimierung und integrative Betrachtung dieser Prozesse unter Berücksichtigung des technisch Machbaren voraus. Moderne Techniken der Information und Kommunikation haben eine so bestimmende Rolle für die Ausführung aller Prozesse in Forschung, Lehre und Verwaltung von Hochschulen gewonnen, dass sie entscheidend sind für die Qualität der Dienstleistung und den effizienten Umgang mit den Ressourcen.

2.1 Integriertes Informationsmanagement

Waren große Effizienzgewinne früher allein dadurch zu erzielen, dass zuvor nicht durch die IT unterstützte Prozesse der Hochschulen weitgehend unverändert in ein hardware- und softwaregestütztes System übernommen wurden, so stehen heute die Vernetzung und integrierte Nutzung bisher separater Anwendungen im Vordergrund. Sie ermöglichen in zunehmendem Maße neue Dienstleistungen und verbesserte Realisierungen, die auch eine Erneuerung oder Anpassung der zugrunde liegenden Prozesse und Organisationsstrukturen der Hochschule erfordern. Integriertes Informationsmanagement ist daher zu einer wesentlichen Aufgabe bei der Planung des Einsatzes moderner Techniken von Information und Kommunikation für die Hochschulen geworden.

An Hochschulen sind IT-Infrastruktur und zugehöriges Know-how durch die dezentralen Verantwortlichkeiten zumeist in verschiedenen, organisatorisch getrennten Einheiten aufgebaut worden. Der über lange Zeit vorherrschende Trend zur Dezentralisierung hat jedoch inzwischen zu teilweise unnötigen Redundanzen und dadurch verursachtem hohem Betriebsaufwand geführt. Ein Integriertes Informationsmanagement der übergreifenden Prozesse gestaltet sich insbesondere aufgrund inkompatibler, nicht abgestimmter „Insellösungen“ als schwierig. Diese haben sich durch die institutionelle Verteilung von Zuständigkeiten entwickelt, z. B. in Rechenzentrum, Medienzentrum, Verwaltung und Fakultäten (mit oftmals entsprechenden eigenen Strukturen im Kleinen) sowie Bibliothek.

Die Anforderungen sind heute komplex und vielfältig geworden, eine punktuelle Optimierung hilft nur noch sehr bedingt. Studierende erwarten zeitgemäße Strukturen der Informations-

technik (moderne Lehrmittel: Laptop, Wireless-LAN (WLAN); weitgehend IT-gestützte Organisation des Studiums von der ersten Begegnung bei Bewerbung oder Vorveranstaltungen über die Wahl der Lehrangebote, der Raumzuordnung, der Stundenplanung bis zur Dokumentation der Prüfungsleistung). Aber auch die Einrichtungen des Hochschulmanagements – Facility Management, Prüfungsämter, Fakultäten und Verwaltungsorganisationen – müssen inzwischen bei ihren Aufgaben, der effizienten Verwaltung der Daten von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Studierenden und Alumni, zentral unterstützt werden. Die Insellösungen im Softwarebereich sind mehr und mehr zu einem limitierenden Faktor geworden. Zur effektiven Erfüllung dieser Aufgaben ist ein Identitätsmanagement mit einem umfassenden Rollenkonzept und einem Verzeichnisdienst unverzichtbar, das insbesondere zur Bereitstellung von personalisierten Portalzugängen genutzt werden soll und damit jedem Nutzer zu jedem Zeitpunkt ortstransparent genau die Informationen zur Verfügung stellt, die er zur Erfüllung seiner Aufgaben benötigt und die ihm in seinem Zugriffsprofil (Student, Mitarbeiter, Sachbearbeiter Prüfungsamt, Sekretärin im Institut, Sachbearbeiter Finanzen, Dekan, Hochschulleitung, ...) auch zugeordnet sind. Dies ist sowohl für personalisierte Daten im Verwaltungsumfeld umzusetzen als auch beim Studentenmanagement, insbesondere im Bereich der Erfassung sowie – durch die neuen Anforderungen bei Bachelor/Master-Studiengängen – in der Dokumentation der Studien- und Prüfungsleistungen.

Voraussetzung ist also ein ganzheitliches Service- und Organisationskonzept für die digitale Informationsversorgung und -verarbeitung, das die digitale Kommunikation in der Gesamtheit der Hochschule nachhaltig sichert. Dazu benötigt man eine enge Vernetzung und integrierte Nutzung von Informationen und Daten. Eine Homogenisierung von Softwaresystemen, Hardwareplattformen und – nicht zuletzt – organisatorischen Abläufen ist dafür zwingend. Exemplarisch kann festgehalten werden, dass z. B. eine effiziente Prüfungsverwaltung heute integriert sein muss mit Immatrikulation, mit Präsentationen von Vorlesungen und Inhalten sowie den damit verbundenen Zugriffsrechten, mit Onlineauswahl- und abfragefunktionen für Studierende und Prüfer und nicht zuletzt mit dem Abrechnungssystem für die leistungs- und belastungsorientierte Mittelvergabe (insbesondere bei interdisziplinären Studiengängen). Damit benötigt man neue Dienstleistungen und verbesserte Realisierungen, Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen Systemen, immer wieder auch ein Re-Design von Prozessabläufen mit den damit verbundenen neuen Softwarekomponenten.

Am Ende setzt ein Integriertes Informationsmanagement auch die Anpassung der Strukturen voraus, die das bisherige – traditionell weitgehend getrennte – Dienstleistungsangebot, z. B. für Telefonie, Medien, aber auch von den verschiedenen „Rechenzentren“ auf den jeweiligen Ebenen (Institut, Fakultät und Verwaltung, Hochschule), integrativ zusammenführt und mittelfristig immer wieder organisatorisch optimiert.

2.1.1 Identity Management (IdM), Rechte und Rollenmanagement

Einrichtungsübergreifende Prozesse und kooperative Arbeitsansätze erfordern bei personalisierten Diensten – um Rechte nicht jedes Mal händisch und damit fehleranfällig vergeben bzw. entziehen zu müssen – die Notwendigkeit, auf ein vertrauenswürdiges, verlässliches und zu jedem Zeitpunkt aktuelles zentrales Identity Management zurückgreifen zu können.

- Die im IdM registrierten Personen oder deren mögliche Statusänderungen müssen aus verlässlichen Quellen, z. B. den zentralen Personal- und Studierendenverwaltungssystemen der Hochschule, zeitnah und automatisch importiert werden oder,
- so sie aus weniger verlässlichen sekundären Quellen kommen, als solche gekennzeichnet werden und entsprechende Rechte nicht erhalten.

Nur so ist bei System- oder Dienste-Verantwortlichen eine Bereitschaft zu erreichen, die Verantwortung für die Zugangsregelungen abzugeben. Bei IdM handelt es sich sowohl um eine organisatorische Fragestellung als auch um deren technische Realisierung.

Sind die Personen und ihre möglichen verschiedenen Rollen durch ein IdM verlässlich bekannt, kann durch ein hochschulüberspannendes Rechte- und Rollenmanagement die Abbildung „Personen haben Rollen“ und „Rollen beinhalten Rechte“ vorgenommen werden und die Rechtevergabe so delegiert werden, dass einzelne Organisationseinheiten den Zugang zu den von ihnen geleisteten Services an rechtebehafteten Rollen festmachen und verwalten können. Dies gilt insbesondere auch für Bibliotheken, die im Rahmen von Lizenzverträgen Zugriffe auf durchaus kostenpflichtige Dienste von Verlagen und anderen Bibliotheken realisieren und nur mit einem umfassenden und verbindlichen Rollenkonzept die rechtlichen Randbedingungen einhalten können.

2.1.2 Sicherheitsinfrastruktur

In den kommenden Jahren werden Zahl und Komplexität der von den Nutzern an den Hochschulen eingesetzten IT-Systeme und die damit gestützten Dienste stark zunehmen. Hieraus ergeben sich Anforderungen an einfache Authentifikationsverfahren, die in den Zugangsportalen abgebildet werden müssen. Dabei müssen die Hochschulen eine Politik entwickeln, wie sie die gegenwärtig noch nicht fein abgestimmten Sicherheitssysteme auf lokaler Ebene, in Grid-Netzen, in Hochschul-Clouds und im Deutschen Forschungsnetz (DFN) interoperabel machen wollen. Die äußeren Vorgaben durch das Bundesamt für Sicherheit (BSI) in der Informationstechnik oder gesetzliche Bestimmungen sind dabei zu beachten. Dies bedeutet auch, dass Methoden zur Disaster Recovery mittelfristig in die Entwicklungspläne der Hochschul-IT mit aufgenommen werden müssen.

Mittelfristig ist dann ein hochschulübergreifendes Single-Sign-On wünschenswert, wie es jetzt schon im Kontext WLAN-Zugang über das Education Roaming (*eduroam*) in weiten Bereichen europäischer Hochschulen vielfach realisiert ist. Diese Entwicklung muss einhergehen mit inhärenten Datenschutzmechanismen, die die Integrität der Daten sicherstellen.

2.2 Leitungsstrukturen und Verantwortlichkeiten

Entscheidungen zur Beschaffung der technischen Komponenten und zum Betrieb der Basisinfrastruktur wurden bisher an Hochschulen vielfach dezentral getroffen und auf lokale Umgebungen ausgerichtet. Die technische Entwicklung der Rechner- und Kommunikationsleistung einerseits sowie die wachsende Komplexität der Anwendungssoftware andererseits, die sich auch aus zunehmend übergreifenden Prozessen ergibt, führen dazu, dass heute bei der

Planung der Basisinfrastruktur globale Optimierungsgesichtspunkte angewendet werden müssen und die Gesichtspunkte Integration und Homogenisierung im Vordergrund stehen.

Die in den Jahren der Dezentralisierung gewachsenen Organisations- und Prozessstrukturen müssen deshalb inhaltlich geprüft und zumeist an die neuen Anforderungen angepasst werden. Dies geht insbesondere einher mit einer Harmonisierung der Prozesse über Organisationsgrenzen hinweg, um die vielfach redundanten Arbeiten synergetisch zusammenzufügen und damit diese Prozesse effektiver zu gestalten. Die Entwicklung muss sachbezogen erfolgen und darf weder durch die organisatorische Untergliederung der Hochschule noch durch einschränkende Eigenschaften der bisherigen IT-Infrastruktur behindert werden. Diese sachorientierte Prozessoptimierung und übergreifende Lösungen lassen hochschulintern großes Verbesserungspotenzial entstehen.

Eine Planung derartiger Umstrukturierungen setzt die Position eines CIO (Chief Information Officers), eines Verantwortlichen für Information und Kommunikation voraus, wie er in der Wirtschaft und an verschiedenen Hochschulen bereits etabliert ist.

In der Hochschulpraxis lassen sich vier unterschiedliche Umsetzungstypen beobachten:

- Strategischer CIO mit Leitungsfunktion: Ein Vizepräsident – oder eine Vizepräsidentin – ist explizit für das Informationsmanagement zuständig. Teilweise übernimmt auch der Kanzler die Zuständigkeit für das Informationsmanagement.
- Strategischer CIO mit Stabsfunktion: Ein Hochschullehrer oder IT-Manager – bzw. Hochschullehrerin/IT-Managerin – im Präsidialstab koordiniert das Informationsmanagement.
- Operativer CIO: Der Leiter – bzw. die Leiterin – einer zentralen Informationsinfrastruktureinrichtung fungiert gleichzeitig als CIO der Hochschule.
- Kollektiver CIO: Die CIO-Funktion wird von einem Lenkungsausschuss mit zwei bis drei Personen ausgeübt, der allerdings – anders als die traditionelle Senatskommission – über unmittelbare Entscheidungsbefugnisse verfügt.

Jede dieser CIO-Umsetzungsvarianten hat ihre Vor- und Nachteile. Es hängt von den Gegebenheiten an den Hochschulen und insbesondere auch von Personen ab, welche Umsetzung die am besten geeignete ist. Wichtig ist, dass der CIO – in welcher Form auch immer – einen unmittelbaren Zugang zur Hochschulleitung hat und die IT-Belange der gesamten Hochschule strategisch – mit unmittelbarer Richtlinien- und Entscheidungskompetenz – führt und verantwortet.

Die Gesamtverantwortung für diesen notwendigen Veränderungsprozess in den Hochschulen liegt bei allen Mitgliedern einer Hochschulleitung gleichermaßen. Die bisherigen Erfahrungen an den Hochschulen lehren, dass im Wesentlichen dort, wo der CIO mit entsprechenden Rechten ausgestattet ist, die Reorganisation am besten voranschreitet und inzwischen große Synergieeffekte zu konstatieren sind. Festzustellen ist allerdings auch, dass in vielen Fällen die Reorganisation der Hochschulstrukturen die stärkere Innovationskomponente ist. In den meisten erfolgreichen Umsetzungen erfüllt der CIO damit auch die Aufgabe, sich um die Optimierung von Prozessen in der Gesamtorganisation zu kümmern. Die bisher ange-

stoßenen Umstrukturierungsprozesse sind insbesondere dann weniger erfolgreich, wenn diese Aufgabe nicht gleichzeitig abgedeckt und die Optimierung ausschließlich IT-getrieben abläuft.

2.3 Hochschulübergreifende Kooperation

Die interne Optimierung von Prozessen, Organisationsstrukturen und inhaltlicher Ausrichtung der Hochschulen in Forschung und Lehre führt typischerweise zu hochschulspezifischen Lösungen beim effizienten Einsatz von IT. Mittelfristig kann und wird dieser Prozess jedoch nicht an den Grenzen einer Hochschule aufhören. Eine weitere Verbesserung kann durch die Bildung hochschulübergreifender Verbünde gefunden werden. Hochschulübergreifende Kooperationen auf Landes- und Bundesebene, wie sie bereits in Form des deutschen Forschungsnetzes, der Gauß-Allianz (s. Abschnitt 4.2.4), virtuellen Landeshochschulen und gemeinsam betriebener Bibliotheksportale existieren, werden aus Effizienzgründen in Zukunft häufiger werden. Die Hochschulleitungen sind gut beraten, diesen Gesichtspunkt in ihre Strategie mit aufzunehmen – trotz oder gerade wegen des zunehmenden Wettbewerbs unter den Hochschulen.

2.3.1 Gemeinsame Ressourcen, Forschungs-Clouds und Datenverbünde

Spezifische Aufgabenstellungen in Forschung und Lehre setzen Ressourcen voraus, für die ein Investitionsvolumen erforderlich ist, das die Kapazitäten einer einzelnen Hochschule übersteigt. Das wissenschaftliche Hochleistungsrechnen ist hierfür ein typisches Beispiel, bei dem die obersten Komponenten der Versorgungspyramide in Form der Nationalen und der Forschungshochleistungsrechner in den Ländern in Abstimmung mit den zuständigen Gremien des Wissenschaftsrats und der Deutschen Forschungsgemeinschaft beschafft werden. Dabei ist auch sichergestellt, dass die nötige Zugangsinfrastruktur bundes- bzw. landesweit besteht und über begutachtete Verfahren durch Beiräte die Zugangsberechtigung nach wissenschaftlichen Kriterien vergeben wird.

Mit dem erfolgreichen Aufbau einer Grid-Infrastruktur im Rahmen des durch das BMBF geförderten D-Grid-Projekts in seinen jeweiligen Förderstufen und den ebenfalls strategisch geförderten vielschichtigen Community-Projekten, die heute diese verteilte Infrastruktur vielfach und intensiv nutzen, sind zumindest prototypisch die Voraussetzungen für die Nutzung von Ressourcen an anderem Ort gegeben. Zur Sicherung des erreichten Standes wird es insbesondere den Zentren der Gauß-Allianz als Aufgabe verbleiben, im Rahmen ihrer Ressourcen für die nachhaltige Bereitstellung dieser Infrastruktur – Hardware und Software – beizutragen. Dies muss bei den Finanzierungsmodalitäten durch die Geldgeber angemessen berücksichtigt werden.

Auch im Spektrum der durch die IT-Infrastruktur der Hochschulen bereitgestellten Basisdienste können hochschulübergreifende Verbünde effiziente Lösungen darstellen, ohne die gewünschte Profilierung der einzelnen Hochschulen einzuschränken. Solche Basisdienste betreffen den Bereich der Systemadministration von Arbeitsplätzen für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Studierende, E-Mail-Dienste, Datenspeicherung, Archivierung, Backup, Sicherheitskonzepte, Softwarelizenzen usw.

Durch die Entwicklungen der letzten Jahre zum einen im Bereich des Grid/Cloud-Computing sowie der virtualisierten Server und zum anderen getrieben durch den Economy of Scale (s. Abschnitt 3.6.2) im Bereich Klimatisierung und Betrieb von Serverinfrastrukturen sind heute – durchaus erheblich stärker als in der Vergangenheit – durch hochschulübergreifende Konzepte und Realisierungen Synergien weit über das bisher realisierte Maß denkbar und wohl auch wünschenswert. Dies kann dazu führen, dass die von der DFG genehmigte Infrastruktur aus Effizienzgründen durchaus auch an anderen Hochschulen oder Hochschulkonsortien installiert und dort für Partnerhochschulen oder ein Hochschulkonsortium betrieben wird. Entsprechende Kooperationsvereinbarungen – über die generelle Grid-Nutzung hinaus – zum Ausgleich der wechselseitigen Interessen sind dabei zu entwickeln.

2.3.2 Softwarelizenzen

Anwendungen in Forschung und Lehre, im Besonderen aber auch in der Verwaltung von Hochschulen nutzen häufig Programme, für die in großer Zahl Lizenzen beschafft werden müssen. Neben dem hochschulinternen Lizenzmanagement hat sich die Beschaffung von Konsortial- oder Landeslizenzen weithin bewährt. Die Beschaffung von Landeslizenzen muss in einem für alle beteiligten Hochschulen nachvollziehbaren Verfahren erfolgen, das für die vorgesehenen Anwendungen die jeweils günstigste Lizenzvariante auswählt, jedoch sicherstellt, dass kein einschränkender Zwang durch die Nutzung der Lizenzen in den Hochschulen entsteht.

In Zukunft werden auch vermehrt Lizenzen zur reinen Nutzung von Informationen zu erwerben sein. Dabei muss geprüft werden, ob solche Lizenzen nur ein zeitlich befristetes oder ein dauerhaftes Nutzungsrecht beinhalten. Bei Verhandlung standortübergreifender Lizenzen sollte in Zukunft auf Grid-konforme Lizenzregelungen Wert gelegt werden.

2.3.3 Verbünde in der Medizin

Anforderungen aus der Reform des Gesundheitssystems führen zu verstärkter regionaler und überregionaler Kooperation, z. B. im Bereich der Servicenetze oder bei Telekonsultationen in Forschung und Versorgung. Die zunehmende Vernetzung wird hierbei, nach den konkreten Strategien der jeweiligen Leitungsgremien technisch und organisatorisch ausgestaltet. Dabei kommen als neue Nutzergruppen nicht nur Lehrkrankenhäuser, zuweisende Einrichtungen und Partner in Kompetenznetzen hinzu, sondern es kommen vor allem auch IT-Systeme in unmittelbarer Umgebung des Patienten (HomeCare, elektronische Gesundheitskarte, implantierte Systeme, Telemonitoring, mobile Telekommunikation und WLAN) ins Spiel. Diese Entwicklungen haben eine hohe Dynamik. Sie bieten einerseits ein neues Potenzial zur Erhöhung der Effizienz der Forschung und Krankenversorgung, andererseits stellen sie die Anwender vor neue Anforderungen z. B. hinsichtlich des Datenschutzes, der technischen Realisierung oder der Speicherung verteilter Daten. Die Rechenzentren der Universitätsmedizin und die entsprechenden Fachgebiete der Hochschulen wie Informatik, Medizinische Informatik und Medizintechnik können hierbei durch ihre Kompetenz eine zentrale Rolle in der Weiterentwicklung und Steuerung spielen.

3 Dienste und Versorgung

Eine effiziente Informationsversorgung und -verarbeitung stellt ein verteiltes kooperierendes Versorgungssystem dar, in dem es Anbieter und Nachfrager in zum Teil wechselnden Rollen gibt. Oberstes Ziel der Dienstleistungsinfrastruktur zur Sicherstellung einer effizienten IT-Versorgung einer Hochschule ist die Unterstützung der Kernprozesse der Hochschule mit Diensten, die mit festgelegten Verantwortlichkeiten kooperativ erbracht werden. Strukturell muss ein solches IT-Gesamtsystem somit aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden:

- Die *Dienste* sind nach den Gesichtspunkten einer hierarchischen Dienste-Architektur geordnet, die auf den einzelnen Ebenen Konsolidierungsmöglichkeiten eröffnet und die komponentenbasiert einen föderativen offenen Ansatz darstellt.
- Die *Dienstleistungsinfrastruktur* schließlich liefert konkrete Antworten darauf, wie die Dienstleistungen verteilt und kooperativ im Zuge der IT-Gemeinschaftsversorgung erbracht werden, bzw. darauf, wer welche Services mit wem gemeinschaftlich erbringt.

3.1 Dienste-Architektur

Die Dienste-Architektur setzt sich im Wesentlichen aus vier Integrationsschichten zusammen:

- Serviceportal,
- Anwendungsdienste,
- Basisdienste,
- IT-Infrastruktur.

Diese Schichten werden auch vor dem Hintergrund einer Dienstleistungserbringung mit verteilten Verantwortlichkeiten zur Unterstützung der IT-Ziele einer Hochschule in den Abschnitten 3.5 bis 3.7 aufgegriffen.

Die unterste Ebene *IT-Infrastruktur* bilden Systeme, verbindende Kommunikationsnetze sowie die weitere zugehörige technische Infrastruktur (Hardware, technische Überwachung, Netzanbindungen und technische Kommunikationssysteme). Ausgewählte Komponenten (Dienste-Elemente) sind die Grundlage für darauf aufsetzende Basisdienste.

Die Vereinheitlichung bzw. Standardisierung von Schnittstellen wird von den *Basis-Diensten*

- Middleware (Scheduling, Accounting usw.),
- Systeme zur Datensicherung (Datenmanagement),
- Sicherheitslösungen (Firewall, Virenschutz, Mailfilter usw.),
- Betriebssysteme und Systemumgebungen

umgesetzt. Aufbauend auf Funktionalitäten der darunter liegenden Dienste-Elemente werden hier definierte Schnittstellen zur Verfügung gestellt, die den heterogenen Anwendungsan-

sprüchen an die IT-Ausstattung an Hochschulen gerecht werden. Viele Basisdienste sind inzwischen entweder kommerziell oder als ausgereifte Open-Source-Lösung verfügbar und müssen daher nicht mehr an jeder Hochschule entwickelt werden.

Auf den Basisdiensten aufbauend bzw. auf sie zugreifend folgen die *Anwendungsdienste*:

- Anwendungssysteme, z. B. Softwarepakete, Datenbanksysteme usw.,
- Basis-Anwendungssoftware, z. B. Officeware, Bibliotheken usw.,
- Programmierumgebungen, Werkzeuge, Schnittstellen usw.

Mithilfe dieser Anwendungsdienste lassen sich komplexe Dienste für die Geschäftsprozesse realisieren.

Das *Serviceportal* stellt schließlich die anwendungsbezogene Gesamtintegrationsschicht dar, indem es den zentralen und einheitlichen Zugang zu den Geschäftsprozessen und den damit verbundenen Informationen, Anwendungen und Diensten bietet. Auf diesen Ebenen sind jeweils Personen mit unterschiedlichen Kompetenzen gefragt. Dabei richtet sich das Hauptaugenmerk einer Gruppe mehr auf die Technik bzw. die Systeme, während andere Personengruppen mehr auf die Nutzer und deren Anwendungen orientiert sind.

Einerseits macht die Betrachtung dieser Dienste-Ebenen deutlich, dass ein einzelner Anwender oder auch ein einzelnes Institut sich nicht selbst auf allen Ebenen mit allen Dingen befassen sollte, da eine derart große individuelle *Fertigungstiefe* unwirtschaftlich und für eine notwendige hochschulweite Integration des Informationsmanagements ineffizient bzw. sogar hinderlich ist. Andererseits sollten über alle Dienstsektoren Konsolidierungsmaßnahmen bezüglich folgender Bereiche angestrebt werden:

- **Softwaremanagement:**
Lizenzierung, Softwareverteilung, Systemmanagement, Change-Management, logische Datenbehandlung (Datenbanken, Verzeichnisse, Benutzerverwaltung),
- **Hardwaremanagement:**
Zusammenfassung verschiedener Server bis hin zur Einführung neuer Betriebsmodelle (wartungsarme Appliance) oder ggf. auch Outsourcing an andere Hochschulen oder Firmen; Rechner, Peripherie, Server, Multimediageräte, Integration; physische Datenbehandlung (Speichersysteme, Datensicherung, Hochverfügbarkeit),
- **Netzwerkmanagement:**
Passive und aktive Netzkomponenten, Außenverbindungen, Netzmanagement, Sicherheitslösungen (Firewall, Virenschutz, Mailfilter usw.).

Zur Umsetzung von Maßnahmen auf diesen Konsolidierungsebenen müssen hochschulweit geltende Konzepte entwickelt und auf der Basis zentraler *Policies* und klar zugewiesener operativer Verantwortlichkeiten realisiert werden.

3.2 Dienstleistungsinfrastruktur

Die IT-Dienstleistungsinfrastruktur umfasst die personellen und maschinellen Leistungen, die für die digitale Informationsversorgung und -verarbeitung, die digitale Kommunikation sowie den Einsatz neuer Medien in allen Organisationseinheiten der Hochschule erforderlich sind. Sie erstreckt sich somit auf Forschung, Lehre, Studium und Verwaltung innerhalb der Fakultäten mit ihren Instituten und Einrichtungen sowie auf die betrieblichen Abläufe im Hochschulrechenzentrum, im Rechenzentrum der Hochschulmedizin, in der Hochschulbibliothek und in der Hochschulverwaltung.

Die maschinellen Leistungen beziehen sich unmittelbar auf die Bereitstellung der Informationstechnik, insbesondere der Hardware und Software von Rechner- und Kommunikationssystemen (s. Kapitel 4). Die personellen Leistungen bestehen im Wesentlichen aus Dienstleistungen im Zusammenhang mit Planung, Beschaffung, Installation, Nutzung und dem Betrieb der gesamten Informationstechnik der Hochschule.

Strategisch wichtige Dienstleistungen müssen in der Hand der Hochschule verbleiben, da nur so eine Profilierung im Wettbewerb möglich ist. Ansonsten kann und sollte bei Dienstleistungen auch über Fremdbezug nachgedacht werden, vor allem, wenn dadurch eine höhere Wirtschaftlichkeit erreicht werden kann. Doch darf dabei eine Grundkompetenz nicht aufgegeben werden, die erforderlich ist, um die Qualität und die Zukunftssicherheit der von außen bezogenen Dienste kompetent beurteilen zu können.

Wichtige Dienstleistungen in diesem Zusammenhang sind:

- Planung, Aufbau und Betrieb des Hochschulnetzes,
- der Betrieb von Übergängen zu externen Netzen,
- Konzeption und Betrieb von hochschulweiten Diensten (z. B. Sicherheitslösungen, Public-Key-Infrastruktur (PKI), Archivierung, Mailrelais, Serverhosting),
- die Deckung von Rechenbedarf der Institute und Fakultäten durch vernetzte Rechner oder Hochleistungssysteme, der teil- oder zeitweise nicht durch eigene Ressourcen befriedigt werden kann,
- der effektive Betrieb von Prozessoren, die Fakultäten, Instituten oder Projektverantwortlichen gehören,
- Test und Beratung bei neuen Informationstechnologien,
- Beratung in Hardware- und Softwarefragen vor allem im übergreifenden Bereich,
- Vorbereitung von hochschulweiten IT-relevanten Rahmenkonzepten.

Als tragendes Element der IT-Versorgung der Hochschule auf der zentralen Infrastrukturebene ist daher ein modern weiterentwickeltes Hochschulrechenzentrum im Sinne eines umfassenden Zentrums für IT-Services erforderlich. Vom Grundsatz her hat das IT-Servicezentrum die übergreifenden personellen und maschinellen IT-Leistungen für alle Versorgungsbereiche zu erbringen bzw. zu organisieren. Darüber hinaus ist es *operativ ordnend* für

das dezentral verteilte kooperierende IT-System verantwortlich. Dieses IT-Servicezentrum stellt vor allem ein Dienstleistungs- und Kompetenzzentrum für alle Belange der Infrastruktur zur Informationsversorgung und -verarbeitung, zur digitalen Kommunikation und zum Einsatz neuer Medien dar. Es ist das Zentrum eines ansonsten dezentral verteilten kooperativen Systems zur Erbringung von IT-Dienstleistungen.

Die oben genannten IT-Serviceteams arbeiten fachlich eng mit dem Zentrum zusammen und realisieren somit die kooperative Versorgungsstruktur. Oder anders ausgedrückt: Unter arbeitsteiliger Mitwirkung der Fakultäten der Hochschule und der operativen Führung einer zentralen Serviceeinrichtung sollen künftig sämtliche IT-Dienstleistungen organisiert werden. Das kooperative, an zentralen und dezentralen Aufgaben orientierte Versorgungssystem macht es erforderlich, dass sowohl zentrale, hochschulumfangreiche als auch dezentrale, auf einzelne Nutzer oder Nutzergruppen ausgerichtete Leistungen erbracht werden, die jeweils in Form maschineller und/oder personeller Leistungen erfolgen.

Im Einzelnen umfassen diese Leistungen:

- Planung, Installation, Betrieb, Beratung sowie Wartung bzw. Pflege von Hardware- und Softwaresystemen,
- Unterstützung solcher Aufgaben auf dezentraler Ebene im Rahmen des gesamten Kommunikationsnetzes und des IT-Gesamtsystems,
- Beratung und Unterstützung bei der Lösung von fachspezifischen Anwendungsproblemen auf der dezentralen Ebene.

Zu den weiteren Erfordernissen zählen die Kooperation mit direkt oder indirekt vergleichbaren Einrichtungen anderer Hochschulen, die fortlaufende Informationsbeschaffung über neueste Entwicklungen in der Informationstechnologie, die Unterstützung der Hochschulleitung und der Beschaffungsabteilungen in der Hochschulverwaltung in allen Fragen von digitaler Information, Kommunikation und neuen Medien.

3.3 IT-Versorgung einer Hochschule

Eine effektive IT-Versorgung in einer Hochschule bedeutet heutzutage weniger den Betrieb einzelner dedizierter Systeme, sondern das Zusammenspiel einer ganzen Kette von IT-Dienstleistungen – auf mehrere Ebenen und meist auf mehrere Verantwortlichkeiten innerhalb der Hochschule verteilt. Ziel ist die Unterstützung von ganzen Prozessketten, welche die Lehre und die Forschung IT-technisch effizient so unterstützen, dass diese für den Kunden, z. B. die Studierenden und Mitarbeiter, bequem und „on demand“ nutzbar sind.

Wichtig ist hier zu erwähnen, dass ein Ansatz der Art „die IT wird unser Problem schon lösen“ meist falsch ist. Wenn traditionelle Arbeitsabläufe noch defizitär organisiert sind, dann werden diese auch durch eine 1:1-Abbildung mittels IT-Lösungen nicht besser. Aus diesem Grund muss vor einer Umsetzung mittels IT immer eine umfassende Prozessanalyse durchgeführt werden. Oft zeigen sich dadurch organisatorische Ungereimtheiten, unnötige Diversifizierungen und Brüche auf.

Der Betrieb einzelner dedizierter Systeme ist in diesem Zusammenhang als Basisdienstleistung unverzichtbar, aber erst durch Datenintegration, einheitliche Zugänge und ein Serviceportal werden die Potenziale dieser Dienstleistungen für den Nutzer im Kontext von lösungsorientierten Prozessen wirklich erschlossen. Deshalb beinhaltet das Optimierungspotenzial hinsichtlich der IT-Aspekte neben einer qualitativ hochwertigen Dienstgüte von Basisdiensten in hohem Maße auch das effektive und abgestimmte Zusammenspiel der einzelnen Teile. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass die Einführung neuer IT-Lösungen oft mit gravierenden Änderungen traditioneller Arbeitsweisen einhergehen muss und somit in entsprechende Change-Managementprozesse eingebettet sein sollten.

3.4 Unterstützung der Kernprozesse

3.4.1 Kernprozess Forschung

Forschung erfolgt heute zunehmend interdisziplinär und lebt von der Kooperation mit Partnern an der Heimatinstitution, im In- und Ausland sowie zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und der Industrie. IT-Dienstleistungen wie die Bereitstellung von Rechenleistung, Datenhaltung oder der elektronische Zugriff auf Medien sind für das individuelle Arbeiten unverzichtbar. Beispielsweise wird heute in den Sonderforschungsbereichen (SFB) der DFG ein professionelles und nachhaltiges Datenmanagement der Forschungsdaten erwartet, weswegen die systematische Zusammenarbeit z. B. in einem Informationsinfrastrukturprojekt mit Informationseinrichtungen (z. B. Bibliotheken, Rechenzentren) zu sichern ist. Darüber hinaus stellt sich aber verstärkt die Frage der IT-basierten Unterstützung von interdisziplinären, standortübergreifenden Kooperationen.

Forschungsprojekte gestalten sich zunehmend als virtuelle Organisationen, in deren Kontext Zugriff auf IT-Ressourcen gewährt wird. Ein Rechte- und Rollenmanagement, das in diesem Zusammenhang insbesondere die Selbstbestimmungsrechte von Forschern für „ihre“ Daten sicherstellt und die Vertraulichkeit von Daten gewährleistet, ist eine wichtige organisatorische Voraussetzung. Gleichzeitig aber sind Mechanismen zur Überschreitung der Projektgrenzen gefragt, um auf Forschung anderer aufzubauen und die eigenen Ergebnisse für die Öffentlichkeit zu erschließen.

Die IT-Zentren der Hochschulen sollten sich in den von ihnen verantworteten IT-Dienstleistungen aber nicht allein als Bereitsteller von kommerziellen oder Open-Source-Produkten positionieren, sondern durch eigene Forschungsaktivitäten, gerade auch mit Forschungsgruppen an der Hochschule, ihr Profil und Know-how gemeinsam weiterentwickeln und schärfen. In Abschnitt 2.3.1 angesprochene Betriebskonsortien sollten standortübergreifende Keimzellen für Speicher- und Archivierungsinfrastrukturen bilden, die durch ergänzende Beiträge der Forschungsförderung, z. B. aus SFBs, einen bedarfsorientierten Ausbau ermöglichen.

3.4.2 Kernprozess Lehre

Im Zuge der Bologna-Reformen und der Einführung von Studienbeiträgen einerseits sowie der zunehmenden Durchdringung mit E-Learning-Komponenten verbunden mit einer „Web 2.0“-Philosophie andererseits wird sich ein Wandel in den Lehrprozessen vollziehen. Während traditionell Lehrmaterialien ausschließlich von Lehrenden bereitgestellt wurden und ein Schwerpunkt in der Vermittlung der vorbereiteten Auswahl der Lehrmaterialien lag, werden in wachsendem Ausmaß im Internet verfügbare Informationen durch Studierende und Lehrende gemeinsam gesucht, diskutiert, bewertet und zusammen mit eigenen, kleineren Beiträgen zu einem dynamischen Lehr-Lern-Portfolio verknüpft. Damit einher gehen innovative didaktische Ansätze, die handlungs- und forschungsorientiertes sowie kollaboratives Lernen in den Mittelpunkt stellen.

e-Learning-Systeme, die diese didaktischen Ansätze unterstützen, müssen vor allem die kommunikativen und kollaborativen Aspekte des Lernens unterstützen und zum anderen offen sein für die Integration eigener Quellen und Werkzeuge. In diesem Kontext eines Lernraumes spielt auch das Lebenszyklusmanagement der darin vorhandenen Daten, die im Allgemeinen als multimediale Artefakte eine erhebliche Anstrengung der Dozenten repräsentieren, eine wichtige Rolle, wie auch eine inhaltliche Erschließung dieser Daten unter bibliografischen Gesichtspunkten, um eine nachhaltige Nachnutzung zu ermöglichen.

Auch den Campus-Managementsystemen kommt in diesem Kontext eine ganz entscheidende Bedeutung zu. Sie schaffen die Möglichkeit, alle organisatorischen Prozesse (Anlegen von Lehrveranstaltungen, Beschreiben der Inhalte, Anmeldungen der Teilnehmer(innen), Erfassen, Verwalten und Melden von Lernfortschritten und Prüfungsergebnissen) reibungslos und ohne Mehraufwand abzubilden und z. B. auch mit den E-Learning-Systemen zu verzahnen. Das Potenzial dieser Systeme lässt sich aber nur erschließen, wenn die darunterliegenden Prozesse, z. B. im Prüfungswesen, durchgängig, d. h. zwischen Fachbereichen und der Hochschulverwaltung, definiert und unter dem Aspekt einer Minimierung des hochschulweiten Gesamtaufwandes optimiert sind. Die in Campus-Managementsystemen vorhandenen Informationen liefern auch die Grundlage für weitergehende studierendenfokussierte Betreuungsprozesse, welche die guten Studierenden anerkennen und Studierende mit Problemen frühzeitig erkennen und Verbindlichkeit im Umgang mit der Hochschule schaffen wie auch die organisatorischen Grundlagen z. B. für elektronische Prüfungen.

3.4.3 Administrative Unterstützungsprozesse

Kundenorientierte administrative Prozesse machen im Allgemeinen nicht an organisatorischen oder Verwaltungsgrenzen innerhalb der Hochschule halt. Neben einer zuverlässigen und sicheren technischen Infrastruktur (Konnektivität und Serverdienste) erfordern sie organisatorische Rahmenbedingungen, wie z. B. ein funktionierendes hochschulweites Identitätsmanagement inklusive eines Rechte- und Rollenmanagements. Die Notwendigkeit der Berücksichtigung hochschuleigener Erfordernisse macht die direkte Übernahme von andersorts etablierten Lösungsansätzen oft unmöglich. Dies darf aber nicht als Freibrief interpretiert werden, das Hinterfragen von historisch gewachsenen Strukturen und Arbeitsweisen zu un-

terlassen. In jedem Fall müssen eine Prozessanalyse und ein Überdenken von etablierten Prozessen als Vorarbeiten geleistet werden, um dann, unter Einbeziehung von Lösungsanbietern für den Kunden, ganzheitlich erscheinende Lösungen zu realisieren.

3.5 Basis-IT-Infrastruktur einer Hochschule im Sinne hoheitlicher Dienste

Die Basis-IT-Infrastruktur der Hochschule erlaubt den Betriebseinheiten der Hochschule ein sicheres Betreiben weitergehender Dienste für sich oder andere. Es liegt in der Verantwortlichkeit der Hochschule, quasi als hoheitliche Aufgabe eine Basisinfrastruktur in den Bereichen Konnektivität und interner sowie externer Sicherheit zu schaffen, die für die Hochschulangehörigen als Basis für darauf aufbauende IT-Dienstleistungen verlässlich zur Verfügung steht. Auch die in Kapitel 2 schon behandelten Themen Identitätsmanagement einschließlich eines Rollen- und Rechtemanagements sowie Verzeichnisdienste sind so einzuordnen, da sie die Grundlage für instituts- und organisationsübergreifende Aktivitäten schaffen.

Das Hochschulnetz bildet das Rückgrat der IT-Infrastruktur der Hochschule. Aus diesem Grund sind an seine Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit besonders hohe Anforderungen zu richten. Mit dem Einsatz neuer IT-Dienste, beispielsweise

- Sprachübertragung (VoIP),
- Unified Messaging,
- Datenserver und
- Virtualisierung,

müssen auf Netzbetriebsebene anspruchsvolle Dienstgüteanforderungen realisiert werden, welche über einfache Internetkonnektivität bei Weitem hinausgehen. Im „Internet der Dinge“ werden auch Anzahl und Heterogenität der Klienten weiter zunehmen, z. B. wird intelligentes Gebäudemanagement zur Energieverbrauchsoptimierung und Zugangskontrolle immer bedeutender. Diese Komplexität ist nur mit einem hochschulweiten Netzbetriebskonzept zu bewältigen, das insbesondere das Netz nicht unabhängig von den darauf aufbauenden Dienstleistungen betrachtet.

Zum Inhalt von Netzkonzepten, Netzentwicklungsplänen und Netzbetriebs- und Managementkonzepten siehe Abschnitt 4.1 bzw. die Verweise in Kapitel 6. Diese müssen an jeder Hochschule erarbeitet sein und sind die Voraussetzung für die Begutachtung eines Netzausbau-Antrags.

3.5.1 Organisatorische Grundregeln

Hochschulweit abgestimmte, verbindliche organisatorische Grundregeln für den Netzausbau sind als Basis für einen geregelten Betrieb erforderlich. Dies beginnt bei der Planung, Errichtung und Erneuerung von Netzen, bei denen Baustandards in Abstimmung mit Bauherren, Nutzern und Betreibern berücksichtigt werden müssen. Auch muss die Finanzierung von Netzausbau- und Netzbetriebskosten in der Finanzplanung der Hochschule verlässlich ver-

ankert sein, sodass neben dem bedarfsgerechten Ausbau einer technologisch aktuellen Kerninfrastruktur auch die Erneuerung von Netzen in den einzelnen Hochschuleinrichtungen bis zum Arbeitsplatz unter langfristigen Kosten- und Qualitätsaspekten optimiert werden kann.

3.5.2 Datenschutz und IT-Sicherheit

Die Sicherstellung der Integrität, Vertraulichkeit und Verfügbarkeit des Datenverkehrs erfordert eine Vielzahl technischer Maßnahmen im Netzumfeld und in Servern und Endgeräten, z. B.

- Firewalls, Spamfilter für Mail, Malwarefilter für Webtraffic,
- Virens Scanner, Protokollfilter für urheberrechtsverletzenden Verkehr
- und zunehmend auch Intrusion-Detection- und Intrusion-Prevention-Systeme.

Neben technischen Einzelmaßnahmen erfordert IT-Sicherheit aber auch infrastrukturelle Aspekte wie Sicherstellung der Verfügbarkeit oder passiver Schutz der Infrastruktur, darüber hinaus aber auch organisatorische Rahmenbedingungen wie Personenzugangskontrolle, redundante Standorte oder Notfallszenarien.

Mobile Endgeräte, gerade auch Privatgeräte von Studierenden, stellen in diesem Zusammenhang eine besondere Herausforderung dar. Die Plattformen sind recht heterogen, der Stand der Softwarepflege extrem unterschiedlich, und aufgrund der Vertraulichkeit der Daten der mögliche Schaden hoch. Es ist deshalb notwendig, dass Hochschulen durch zentrale Überwachungsmechanismen in hinreichender Auslegung sicherstellen, dass diese Geräte nicht als Einfallstore für Schadsoftware dienen.

Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang, aufbauend auf dem Identitätsmanagement, die Identifizierung und Authentifizierung der Netznutzer, z. B. direkt am Netzzugang nach IEEE 802.1x. Auch die Sicherung von E-Mails durch Signaturen sollte flächendeckend genutzt werden. Der Aufbau einer PKI-Infrastruktur oder der Mechanismen für Single-Sign-On erfordert umfangreiches Spezialwissen; die Nutzung von vom DFN angebotenen zentralen Diensten stellt hier für die meisten Hochschulen eine sinnvolle Alternative zum Eigenbetrieb dar.

Im universitären Umfeld wird der „Freiheit von Forschung und Lehre“ ein hoher Stellenwert eingeräumt. Gleichwohl muss für den Einzelnen der Schutz seiner Privatsphäre sowie seines intellektuellen Eigentums gewährleistet sein. Daten, die unbeabsichtigt „im Netz“ gelandet sind, sind fast unmöglich wieder zu löschen, auch weil die Einschätzung der Privatsphäre im deutschen Rechtsraum eine andere ist als z. B. im amerikanischen Rechtsraum. Deshalb bedürfen Sicherheitskonzepte der kontinuierlichen Ergänzung und Vertiefung im Hinblick auf die Geschäftsprozesse der Hochschule unter Sicherheits- und Datenschutzgesichtspunkten. Ziel muss ein an den Geschäftsprozessen ausgerichteter und immer wieder aufs Neue zu durchlaufender Zyklus sein, der anhand objektiver Kriterien die Implementierung, Überwachung, Bewertung und Verbesserung aller diesbezüglichen Maßnahmen bewirkt.

3.6 Elementare Bausteine der IT-Versorgung

Die elementaren IT-Bausteine bilden Systeme für Rechen-, Daten- oder Kommunikationsdienste und Applikationsserver. Sie setzen auf der in Abschnitt 3.5 genannten Infrastruktur auf. Diese Bausteine sind meist „von der Stange“ kaufbar, und der Betrieb ist für ausgebildetes IT-Personal beherrschbar. Ein Charakteristikum der Hochschullandschaft ist allerdings weiterhin, dass solche Dienste an einem Standort oft mehrfach in unterschiedlichen Ausprägungen erbracht werden.

3.6.1 Zentrale versus dezentrale Betreuung von Infrastruktur

Ein einzelnes Institut kann sich nicht selbst auf allen Ebenen auf qualitativ hochwertigem Niveau mit IT-Dienste-Betreuung befassen. Eine derart große individuelle Fertigungstiefe ist unwirtschaftlich, und Insellösungen sind für eine notwendige hochschulweite Integration des Informationsmanagements oft hinderlich. Anstatt des Beharrens auf etablierten Versorgungsstrukturen müssen Institute Strategien entwickeln, wie sie ihre begrenzten IT-Betreuungsressourcen so einsetzen, dass es optimal der Wettbewerbsfähigkeit des Institutes dient. Für die Vor-Ort-Betreuung bietet sich auch eine gemeinsame Betreuung von mehreren Instituten durch einen dezentralen, von den Instituten finanzierten Versorgungsverbund an. In jedem Fall sollte aber sichergestellt sein, dass die IT-Betreuung in den Instituten von entsprechend geschultem Personal erbracht wird

So führt die zunehmende Bedeutung von Simulationstechnik beispielweise auch dazu, dass spezifische Softwarepakete gepflegt werden müssen, und auch die Umsetzung von E-Learning-Anreicherungen der Präsenzlehre erfordert neue Softwarekompetenzen. Die eigenständige Erbringung von Standard-IT-Dienstleistungen wie z. B. Mailservices, Groupware oder der Betrieb von Server- und Storage-Infrastrukturen an Hochschulinstituten ist vor diesem Hintergrund doppelt unsinnig.

- Zum einen wird Personal gebunden, des Weiteren ist dieses Personal mit der zunehmenden Komplexität auch dieser Basisdienstleistungen oft überfordert, da es sich um eine Vielzahl von Aufgaben kümmern muss,
- zum anderen bleibt hierdurch keine Zeit, sich den IT-Aufgaben zu widmen, welche sich aus der inhaltlichen Ausrichtung eines Institutes ergeben und nicht andernorts verfügbar sind.

Unter Abwägung der Anforderungen an die IT-Versorgung eines Institutes ist eine Lösung, welche unter Nutzung bzw. Einkauf von zentral angebotenen Standard-IT-Dienstleistungen für das jeweilige Institut abgestimmte Problemlösungsumgebungen aufbaut, im Allgemeinen unter Aspekten des Total-cost-of-ownership die sinnvollste Lösung. Unabhängig davon, ob diese Dienstleistungen vom Hochschulrechenzentrum erbracht oder extern eingekauft werden, schaffen Service-Level-Agreements hier die Basis für eine verbindliche Zusammenarbeit.

3.6.2 Nutzung von Economy-of-Scale

Bei IT-Diensten steht einem hohen initialen Kosten- und Betreuungsaufwand ein sehr moderates Wachstum pro zusätzlichem Nutzer gegenüber, insbesondere bei einem homogenen, einheitlichen Betriebskonzept. Kosten setzen sich hier zusammen aus Betreuungsaufwand, Investitions- und Betriebskosten. Gerade Energiekosten spielen hier eine immer bedeutendere Rolle.

Dienste, für welche Economy-of-Scale-Effekte zutreffen, sind z. B.

- E-Mail und Groupware,
- Webserver und Content-Managementsysteme,
- Datenmanagement (Storage und Backup/Restore),
- Computeserver und Virtuelle Maschinen.

Die Standardisierung dieser Dienstleistungen findet ihren Niederschlag auch in dem Angebot von spezialisierten „Appliances“, welche als Gesamtlösung bestimmte Funktionalitäten erbringen, z. B. Filesysteme zur Datenhaltung. Hier können kooperative Versorgungsverbände zwischen Hochschulen eine wichtige Rolle spielen, da sie trotz eines finanziellen Ausgleichs die Grenzkosten für Dienstleister wie auch Kunde senken und so de facto alle Partner profitieren.

Auch müssen die Hochschulen Geschäftsmodelle entwickeln, welche die flexible Nutzung und Finanzierung dieser Ressourcen im Sinne von Forschungs-Clouds ermöglichen, um die Investitionszyklen für die zugrundeliegende Hard- und Software aus Entgelten für zum Teil zeitlich und größtmäßig flexible Nutzungsszenarien zu realisieren.

3.6.3 Unterstützung / Ergänzung dezentraler IT

Darüber hinaus sollten Dienste angeboten werden, welche die Arbeit der IT-Verantwortlichen in den Instituten unterstützen, jedoch auch eine globale Optimierung von Ressourcen ermöglichen. Hierzu gehören z. B.

- Installationsserver,
- Softwareserver,
- Lizenzmanagement,
- auf Institute angepasste Managed Services,
- Datenbankserver
- und die gesamten Netzdienste.

3.7 Mehrwertdienste

Die im Folgenden aufgeführten IT-Dienstleistungen stellen im Moment Herausforderungen für die universitäre Informationsverarbeitung dar. Gleichwohl ist zu bedenken, dass diese

mittelfristig eher als Teil des Standard-Dienstleistungsportfolios gesehen werden, zusätzlich zum bisherigen Standardgeschäft. Die Hochschulen müssen diesen wachsenden Anforderungen an die IT auch durch entsprechende strukturelle Maßnahmen langfristig und nachhaltig Rechnung tragen.

3.7.1 Studierendenzentriertes Campus-Management

Die durch den Bologna-Prozess erforderliche Modularisierung von Studiengängen und die durch Akkreditierungsauflagen geforderte Dokumentation von Prüfungsleistungen haben die effiziente Verwaltung des Studienfortschritts unter dem Stichwort „Campus-Management“ zu einem der Standardthemen von Kanzlertreffen gemacht. Es ist mittlerweile anerkannt, dass das Anlegen von Lehrveranstaltungen, Beschreiben der Inhalte, Anmeldungen der Teilnehmer(innen) sowie das Erfassen, Verwalten und Melden von Lernfortschritten und Prüfungsergebnissen IT-technisch unterstützt sein müssen, um diesen Verwaltungsaufwand mit vertretbarem Aufwand stemmen zu können. Dies kann allerdings nur zu den gewünschten Ergebnissen führen, wenn auch die zugrunde liegenden Prozesse der Zusammenarbeit von Dozentinnen und Dozenten sowie Fachbereichen mit der zentralen Hochschulverwaltung kritisch hinterfragt werden. Arbeitsabläufe, welche funktionierten, als es wenige Studiengänge und schriftliche Prüfungen gab, sind oftmals ungeeignet für die heutigen Anforderungen. So spielen beispielsweise Rahmenprüfungsordnungen eine herausragende Rolle in der Vereinfachung von Verwaltungsprozessen, schaffen sie doch ein gemeinsames Verständnis der Grundlagen des Lehrprozesses und vereinfachen somit die Akzeptanz für notwendige verbindliche Absprachen zwischen Dozenten, Studienberatern und der Hochschulverwaltung. Aufgrund der IT-Durchdringung werden somit Veränderungen in den Prozessen angestoßen, die sehr sinnvoll sind und zumeist längst überfällig waren.

Die Verwaltung des Studiums steht vielfach im Vordergrund, da hiermit der „rechtsverbindliche“ Teil abgedeckt wird. Diese Sicht allein ist aber zu kurz gegriffen, da sie, von den Verwaltungsaspekten abgesehen, die Interaktion zwischen Dozenten und Studierenden ignoriert. Gerade eine intensivere Betreuung der Studierenden durch Mitarbeiter und Professoren ist aber der Schlüssel für die Verkürzung von Studienzeiten und Reduktion von Abbruchquoten. Diese Betreuung setzt aber eine sehr viel stärkere Ausrichtung des Campus-Managements auf die Studierenden voraus, d. h. einen Kundenmanagementprozess (Customer Relationship Management). Ein solches studierendenzentriertes Campus-Management muss für die Betreuenden eine Transparenz der Aktivitäten und Leistungen eines Studierenden bieten, eine Verbindlichkeit der Kommunikation zwischen Betreuern und Studierenden sicherstellen und über automatisierte Prozesse sowohl mögliche Probleme als auch herausragende Leistungen sichtbar machen. Nur so kann die Hochschule ihre Betreuungsressourcen wirklich zielführend einsetzen und eine Qualitätssicherung des Betreuungsprozesses sicherstellen.

Ein solches Studierendenmanagement muss mit dem E-Learning-System verzahnt sein, und der Datenschutz durch ein differenziertes Rechte- und Rollenmanagement sichergestellt sein. Es ist auch unwahrscheinlich, dass die Gesamtheit aller die Studierendenbetreuung,

die Lehrverwaltung und das E-Learning betreffenden Aspekte durch einen Softwarehersteller geleistet werden kann, ein best-of-breed-Ansatz, ggf. in der Verantwortung eines Integrators, erscheint bei der Vielzahl von Anforderungen im Allgemeinen als angebracht. In jedem Fall muss aber sichergestellt werden, dass über offene Schnittstellen die Anbindung anderer IT-Systeme auf der Basis des Identitäts- und Rechte- und Rollenmanagements gewährleistet ist.

3.7.2 E-Learning

E-Learning bzw. Blended Learning im Sinne der Ergänzung und Anreicherung von Präsenzveranstaltungen mit digitalen Mehrwertangeboten gehört zu den strategisch wichtigen IT-Kerndienstleistungen einer Hochschule. Dabei liegt der wesentliche Mehrwert für die Lehrangebote einer Hochschule darin, dass Studierende aktiv eingebunden werden können, indem sie eigene Beiträge liefern und Beiträge anderer (sei es aus fremden Quellen im Internet, der Dozierenden oder der Mitstudierenden) annotieren, kommentieren und weiter verarbeiten.

Die Bereitstellung kompletter Lernmaterialien seitens der Lehrenden wird sich entsprechend schrittweise abschwächen:

- Beispielsweise werden komplette webbasierte Module als Selbstlerneinheiten eher die Ausnahme bilden.
- Stattdessen werden kleinere Beiträge, die Auswahl geeigneter multimedialer Komponenten und die Zusammenstellung diverser Lernobjekte (z. B. Artikel, Open Educational Content, Vorlesungsaufzeichnungen, Foliensätze zur Annotation, Videos und Podcasts usw.) sowie kleine interaktive Angebote wie E-Tests zur Lernfortschrittskontrolle in Zukunft eine größere Rolle spielen.

Die Einbindung von mobilen Endgeräten wird die Art des Lernens erheblich beeinflussen. Lernmaterialien stehen jederzeit zur Verfügung, können während gemeinsamer Lernphasen in Lerngruppen ad hoc hinzugezogen werden. Außerdem werden mobile Dienste zunehmend genutzt, um Lernprozesse zu organisieren, z. B. freie Lernressourcen (Räume, Arbeitsplätze) zu suchen und zu reservieren, Lernzeiten zu planen und zu managen sowie Lernende an anderen Orten oder Tutoren und Dozierende zu kontaktieren und Lernaktivitäten in soziale Gemeinschaften einzubinden. Mittelfristig werden sich spezielle Endgeräte wie E-Books (bzw. E-Book-Reader auf Netbooks und Smartphones) durchsetzen, die es ermöglichen, den gesamten Semesterapparat plus Standardliteratur mitzuführen, diese gemeinschaftlich zu bearbeiten, zu annotieren und untereinander auszutauschen.

Bei der Erstellung multimedialer Lernobjekte können kommerzielle Lernsoftware und die Consumer-Industrie nicht der Maßstab sein.

- Lehrinhalte müssen gut dargestellt werden, aber nicht in Hochglanz. Wesentlich ist der didaktische Nutzen, z. B. durch Interaktivität von Modellen, an denen Studierende explorativ Erkenntnisse gewinnen können.

- Auch im Bereich des spielbasierten Lernens (serious games) kommt es auf die Inhalte an. In Ausnahmefällen lohnen sich aufwendige Simulationen, aber sicher nicht als Standardmedium in der Hochschullehre, die spezielles, kontinuierlich zu aktualisierendes Wissen – eng verknüpft mit aktuellen Forschungsgebieten – vermittelt.

Eine flexible E-Learning-Infrastruktur, die kommunikative und kollaborative Lernformen unterstützt und nahtlos in das Integrierte Informationsmanagement eingebunden ist, erfordert neben einem stabilen Portfolio von Basisdiensten insbesondere flexible Schnittstellen, so dass Dienste von Drittanbietern oder auch Neuentwicklungen aus dem universitären Umfeld andockt werden können. Hierbei müssen aber Richtlinien und Qualitätsstandards für „autorisierte Drittanwendungen“ definiert werden.

3.7.3 Unterstützung von E-Science

In allen Bereichen der IT ist festzustellen, dass singuläre Dienstleistungen zur Lösung universitärer Probleme nicht ausreichen. Dies ist auch bei der Forschung der Fall, wo wissenschaftliche Wertschöpfungsprozesse immer mehr an Bedeutung gewinnen. Sie beinhalten stärker als zuvor insbesondere die Kooperation von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, ggf. aus mehreren Disziplinen und Standorten, und auch die Nutzung von verteilten Rechenressourcen, um fachspezifische Simulations- und Softwarelösungen einzubinden.

- Der aktuelle Stand, dass die meisten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für ihre Kooperationsprojekte viele unterschiedliche Logins zu verschiedenen Sharepoints, Basic Support for Cooperative Work (BSCW), oder Content-Managementsystemen haben, deren Verwaltung im Allgemeinen von aus Projektmitteln bezahlten Wissenschaftlern geleistet wird und die in keiner Weise untereinander oder mit der Ressourcenorganisation der Hochschule, sei es für Räume oder Rechner, oder dem Identitätsmanagement verzahnt ist, ist langfristig nicht aufrechtzuerhalten.
- Benötigt werden Kooperationsplattformen für die Forscher der Hochschule und ihre weltweiten Partner, welche u. a. den Austausch von Informationen nach innen und außen, das Erstellen gemeinsamer Dokumente, das Führen gemeinsamer Kalender, die Planung von Projekten und die Verwaltung gemeinsamer Ressourcen erleichtern. Für den Aufbau, den Betrieb und die Anpassung an technologische Weiterentwicklungen sowie neue inhaltliche Anforderungen muss eine nachhaltig verfügbare und von Einzelprojekten unabhängige personelle Betreuung zentral sichergestellt werden.

Virtuelle Forschungsumgebungen – wie sie in Einzelfällen von der DFG gefördert werden – sind im Kontext von E-Science, Forschungsdatenmanagement und kollaborativen Diensten angesiedelt, nehmen jedoch stärkeren Bezug auf den tatsächlichen Gebrauch von IT-Diensten in den jeweiligen Disziplinen oder interdisziplinären Feldern, den dort eingesetzten Methoden und zu bearbeitenden Forschungsfragen. Sie ermöglichen vernetztes, zeitlich und räumlich unabhängiges Arbeiten in Gruppen und stellen die dafür benötigte IT-Infrastruktur, Informationsressourcen, Werkzeuge zur Datenproduktion und -weiterverarbeitung sowie Kommunikations- und Publikationsmittel zur Verfügung.

Durch diese Kombination aus Informationen, Werkzeugen und Diensten soll nicht nur die Effizienz des Forschungsprozesses erhöht werden – es soll auch eine Umgebung geschaffen werden, in der neue Forschungsmethoden und -fragestellungen entwickelt bzw. bearbeitet werden können.

Die in solchen virtuellen Forschungsumgebungen benötigten IT-Dienste zeichnen sich durch ihre Generalisierung und Modularisierung aus und schaffen gleichzeitig durch standardisierte Schnittstellen für die Nutzer die Möglichkeit, einzelne Dienste nahezu beliebig zu kombinieren (Mashup) und sich so selbst neue Werkzeuge zu schaffen. Voraussetzung hierfür ist ein intensiver Dialog zwischen Dienste-Anbietern und -Nutzern mit dem Ziel, Serviceschnittstellen zu definieren, die gleichzeitig generische Dienste selbst und Spezifität für konkrete Einsatzfälle in der Forschung berücksichtigen. IT-Dienste für virtuelle Forschungsumgebungen befinden sich damit im Spannungsfeld zwischen effizienter und verlässlicher, zentraler oder überregional koordinierter Erbringung und der möglichst flexiblen lokalen Nutzung. Dies setzt neben einer leistungsfähigen Infrastruktur für das Identitätsmanagement und Rechte- und Rollenmanagement auch Geschäftsmodelle voraus, welche die Nutzung von IT-Diensten über Institutsgrenzen hinweg und für eine a priori oft nicht determinierbare Dauer berücksichtigen. Der Mehrwert solcher Lösungen, im Vergleich zu kommerziellen Angeboten, ergibt sich aus der Verzahnung mit der universitären Infrastruktur und insbesondere auch der Wahrung der Datenschutzinteressen der Nutzer.

Diese Dienste werden zunehmend in der Cloud realisiert. Wesentlich ist die gute Integration der Dienste in die E-Learning-IT der Hochschule und die Möglichkeit, flexibel neue Arten der Kooperation und gemeinschaftlichen Lernens zu unterstützen.

3.7.4 Computational Science and Engineering

Die Bedeutung von Computational Science und Engineering (CSE) für die Wissenschaft nimmt immer weiter zu, angetrieben auch durch die Verfügbarkeit preisgünstiger Hardware für das Rechnen und Speichern von Daten. Wie in Kapitel 1 schon erwähnt wurde, werden in Kürze alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Palette von parallelen Rechenressourcen zur Auswahl haben, von der Mehrkern-CPU auf seinem Rechner und der darin verbauten Grafikkarte mit stark erweiterter Funktionalität (GPGPU) oder über Aggregationen solcher Systeme in Clustern bis hin zu Clouds oder eng vernetzten Hochleistungsrechnern.

Diese Differenzierung bedeutet aber auch, dass sich erst durch die Abstimmung von

- Algorithmen,
- Programmierung und
- Rechnerarchitektur

eine effiziente Nutzung dieser Parallelrechner und ein Vorantreiben der Rechner- und Rechentechnik erreichen lässt. Auch ist zu beobachten, dass der Integrationsgrad der von den Herstellern gelieferten Systeme abnimmt. Folglich wird die Kompetenz, die für Betrieb und Nutzung dieser Systeme notwendig ist, weiter steigen.

Für die Hochschulen bedeutet dies, dass auf der personellen Seite Anstrengungen unternommen werden müssen, um sicherzustellen, dass in der Breite die Anwendungskompetenz vorhanden ist, zum einen durch entsprechende interdisziplinär angelegte Studiengänge in Computational Science and Engineering und zum anderen durch eine entsprechende personelle Ausstattung von lokalen Kompetenzzentren für die anwendungsnahe Weiterentwicklung von Softwaretechniken für das parallele Rechnen. Diese Notwendigkeit des Zusammenspiels von methodenwissenschaftlicher wie auch fach- und anwendungswissenschaftlicher Forschung wurde auch in der programmatisch-strukturellen Linie „Hochleistungsrechnen“ des Wissenschaftsrates² hervorgehoben.

Im Betrieb von Systemen könnten z. B. ein oder mehrere Landeszentren den Betrieb von Hochleistungssystemen sicherstellen und zu einer Vertiefung und Verstetigung der Nutzungs- und Betriebskompetenz auf hohem Niveau beitragen. Insbesondere wären solche Zentren in der Lage, auch integrierte wissenschaftliche Workflows mit langfristigen Datenhaltungsanforderungen zu unterstützen und in Richtung der Bundeshöchstleistungszentren als Qualifikationszentren für zukünftige Supercomputer-Nutzer zu agieren wie auch in Bezug auf die mittelfristige IT-Gesamtplanung der Hochschulen zur Herausbildung nachhaltiger IT-Strukturen beizutragen und Maßstäbe für die effiziente universitäre Rechenversorgung zu setzen. Die technische Ausgestaltung der universitären Rechnerlandschaft wird in Abschnitt 4.2 detailliert adressiert.

Neben der Programmierung von Parallelrechnern wird insbesondere auch die Frage des Verständnisses der Ergebnisse, also der Extraktion der Information aus den reinen Daten, immer mehr in den Vordergrund rücken. Neben der Visualisierung von Ergebnissen, durchaus auch im Rahmen von remote nutzbaren Visualisierungsumgebungen, wo die Visualisierung bisher stark eine konfirmative Rolle einnimmt, wird sie sich in Richtung einer explorativen Hinterfragung von Simulationsergebnissen weiterentwickeln. In diesem Zusammenhang wird auch die Bedeutung der virtuellen Realität (VR), also einer immersiven, nutzerzentrierten Echtzeitinteraktion, weiter an Bedeutung zunehmen, auch weil die Kosten für die für VR benötigten Hardware durch den Druck des Heimspielmarktes stark fallen werden. Im Gegensatz zu Rechnern und Datensystemen, die entfernt nutzbar sind, erfordert gerade eine explorative Nutzung im Arbeitsalltag der Wissenschaftler eine Vor-Ort-Kompetenz sowohl im Betrieb als auch der Entwicklung und Anwendung von Interaktions- und Visualisierungsparadigmen. Auch die Lehre kann von solchen Entwicklungen profitieren: Simple-Augmented-Reality-Anwendungen, die die Verknüpfung der realen Welt mit Informationen und Werkzeugen zur Erfassung, Verarbeitung und Interpretation von Daten ermöglichen, werden Lernen in authentischen Situationen ermöglichen und z. B. die Echtzeitmanipulation von Modellen und exploratives Lernen unterstützen.

² WR Drs. 8619-08 vom 04.07.09

3.8 Dienste-Management

Eine an der optimalen Unterstützung der Geschäftsabläufe einer Hochschule und den Bedürfnissen der Kunden ausgerichtete IT muss so organisiert sein, dass Dienste zuverlässig und dauerhaft in hoher Qualität zur Verfügung stehen. Die IT-Organisation muss die Geschäftsprozesse durchgängig unterstützen. Dabei beurteilt der Anwender einen Dienst nicht nach der eingesetzten Technologie, sondern nach dem für ihn sichtbaren Endergebnis.

Die Bedürfnisse des Kunden zu verstehen und mit den Möglichkeiten der IT-Organisation unter den gegebenen Rahmenbedingungen in Einklang zu bringen, stellt die eigentliche Herausforderung dar.

Hierzu dient das IT-Servicemanagement (ITSM). Mit dem Kunden werden für jeden Dienst

- der Grad der zu erbringenden Leistung sowie
- die Kosten der Dienste-Erbringung vereinbart.

Dies schafft Transparenz und vermeidet überzogene Erwartungen oder Unzufriedenheit auf beiden Seiten.

Dienste müssen von der IT-Organisation unter zuvor definierten Bedingungen erbracht werden. Dazu werden von ihr IT-Prozesse definiert, die einerseits zu einer Optimierung der Abläufe innerhalb der IT-Organisation führen, andererseits auch die Schnittstelle zum Kunden klar festlegen. Alle diese Prozesse müssen dokumentiert, wiederholbar und messbar sein, im Idealfall werden sie auch mit minimalem Aufwand erbracht. Das Ziel sollte sein, dass die IT-Organisation ihre Prozesse bewusst optimiert, um die Qualität ihrer Leistungen zu steigern und Freiheitsgrade für den Einsatz neuer Technologien oder die Entwicklung neuer Dienste zu schaffen.

Eine Ausrichtung nach den Prinzipien des Servicemanagements, z. B. nach ITIL (IT Infrastructure Library), ist auch die Voraussetzung für eine Zertifizierung, z. B. nach ISO 20000, welche absehbar für Kooperationen mit industriellen Partnern in Zukunft von steigender Bedeutung sein wird.

3.9 Hochschulmedizin

Die in diesen Empfehlungen gemachten Aussagen gelten grundsätzlich für alle Bereiche der Hochschulen – insbesondere auch für die Hochschulmedizin. Im Text wird bereits an verschiedenen Stellen auf deren Besonderheiten hingewiesen. Wo immer dies möglich ist und wo entsprechende technologische Basisdienste mit gleichen Anforderungen z. B. an den Servicelevel und an die Datensicherheit sowohl außerhalb als auch innerhalb der Hochschulmedizin bereitgestellt werden müssen, erscheint es im Rahmen des Integrierten Informationsmanagements auch weiterhin als wichtig, den hochschulweiten, durchgängigen Betrieb solcher technologischer Basisdienste anzustreben. Bedingt durch die zunehmende Digitalisierung der Krankenhäuser und neue Anforderungen wie Langzeitspeicherung sowie Verwaltung und Integration sehr unterschiedlicher Datentypen ergeben sich in den letzten Jahren immer häufiger neue Anforderungen in den Universitätsklinika, die weit über die typi-

schen Anforderungen der sonstigen Hochschulbereiche hinausgehen, sodass neue oder geänderte rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen ebenfalls neue eigenständige Dienste erfordern, die im Kontext der Hochschulmedizin bereitgestellt werden müssen.

3.9.1 IT und Medizinprodukte

Insbesondere das immer stärkere Zusammenwachsen von Medizintechnik und Informationstechnologie stellt für die Rechenzentren der Universitätsklinika (und anderer Krankenhäuser) eine enorme Herausforderung dar. Die Anforderung an den Betrieb von Software im Krankenhaus kann sich zukünftig aus der Neuregelung für Software im Medizinproduktegesetz (MPG) ergeben, die im März 2010 in Kraft getreten ist. Software ist nun nach §3 Nr. 1 MPG selbst als Medizinprodukt zu klassifizieren, wenn sie „speziell zur Anwendung für diagnostische und therapeutische Zwecke bestimmt ist“. Formell muss damit Software nicht mehr unbedingt eine Verbindung mit einem anderen, als Medizinprodukt klassifizierten medizintechnischen Gerät haben, sondern sie kann bereits für sich allein dem MPG unterliegen. Die Eingruppierung orientiert sich daran, ob und wie Fehler der Software eine unmittelbare Patientengefährdung bewirken können.

Betrieb, Anwendung und Instandhaltung sind dann nur durch entsprechend ausgebildete Personen zulässig, eine sicherheitstechnische Überwachung ist mindestens alle zwei Jahre erforderlich, ausnahmslos alle Kontrollen und Funktionsstörungen müssen dokumentiert werden. Der daraus entstehende enorme Zuwachs an Kontroll- und Dokumentationsaufwand sowie das zugehörige Qualitäts- und Sicherheitsmanagement bedeuten für Softwarehersteller und Betreiber einen erheblich gesteigerten finanziellen und personellen Aufwand. Vom Hersteller wird im MPG eine exakte Festlegung der Zweckbestimmung des Medizinprodukts gesetzlich gefordert. Damit verbunden ist eine Nutzungs- und Risikoanalyse für das in Verkehr zu bringende Gerät, welche sehr präzise die Umgebungs- und Randbedingungen festlegt. Einbindung eigener Module oder Modifikationen des Gerätes, d. h. der Software, sind dann nicht mehr erlaubt. Ein weiteres wichtiges Problem ist, dass zur Unterstützung durchgängiger Prozessketten häufig die Einbindung von Medizinprodukten und Softwaretools in das Klinikumsnetzwerk gefordert wird. Aber auch bei klarer Definition der Zweckbestimmung der Software durch die Hersteller lässt sich in der Regel der Nutzungskontext in einem Netzwerk nicht mehr so klar definieren und von der IT-Infrastruktur, die das Gerät umgibt, abgrenzen.

Insbesondere geht das Betriebsrisiko auf den Betreiber über, wenn das Gesamtprodukt nicht mehr in einem vollständig abgetrennten Netz betrieben wird. Für die Rechenzentren der Universitätsklinika resultieren daraus zwei potenzielle Risiken: Zum einen kann über das Netzwerk Schaden verursachende Software wie Viren, Trojaner u. Ä. auf ein Medizinprodukt gelangen und somit das ordnungsgemäße Funktionieren des Systems beeinträchtigen. Zum anderen kann aber auch eine potenzielle Gefährdung anderer Systeme innerhalb des Netzwerkes resultieren, wenn das Medizingerät selbst nicht kontinuierlich mit den neuesten Sicherheitsupdates und Virenschutzsignaturen versehen wird. Da für die Softwareaktualisierung auf dem Medizinprodukt aber immer nur der Hersteller selbst verantwortlich zeichnet, ist hier eine sehr enge Abstimmung zwischen Hersteller und Betreiber erforderlich. Vor allem im

Bereich der IT-Sicherheit ist dies eine Herausforderung, die von den Rechenzentren der Universitätsklinik zukünftig einen erhöhten Einsatz gut qualifizierten Personals erfordern wird. Eine kommende Norm zum Risikomanagement medizinischer Netzwerke (IEC-80001-1) soll hier die Kommunikation zwischen Medizinprodukteherstellern und den Kliniken als Betreibern ermöglichen und verbessern, indem zwischen den Partnern eine Aufteilung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten in einer Verantwortungsvereinbarung festgelegt wird. Vom klinischen Rechenzentrum verlangt dies die Etablierung eines umfassenden, kontinuierlichen Risikomanagementprozesses, der z. B. Netzwerkanschlussrisiken dezidiert identifiziert und minimiert.

Noch befinden sich die Kliniken in einem gewissen Graubereich, da es derzeit noch nicht genau einschätzbar ist, wie eng die obigen Definitionen aus dem MPG auszulegen sind, und derzeit, abgesehen vom Bereich der Intensivmedizin, nur einzelne Module eines Informationssystems zur unmittelbaren Unterstützung diagnostischer oder therapeutischer Maßnahmen dienen. Zur Minimierung oben genannter Risiken werden jedoch mittelfristig neue kostenintensive Anforderungen für die klinischen Rechenzentren erwachsen: einerseits eine spezialisierte Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und andererseits eine mögliche Trennung der Netzinfrastruktur in ein Netz für Krankenversorgung (Diagnostik, Therapie) sowie in ein zweites logisch abgetrenntes Netz für Forschung und Lehre. Im Sinne der Mehrfachverwendung einmal erhobener medizinischer Daten sind aber Wege zu etablieren, die die Datenübermittlung aus der elektronischen Krankenakte in Forschungsdatenbanken unter Berücksichtigung des Datenschutzes ermöglichen.

3.9.2 IT-Infrastrukturen für die medizinische Forschung

Eine weitere Herausforderung, in der sich die IT in der Hochschulmedizin deutlich von den anderen Fakultäten der Hochschulen unterscheidet, ist die Entwicklung von Konzepten zum integrierten Datenmanagement sowie die Schaffung von Middleware-Komponenten, Schnittstellen und Infrastrukturen zur Mehrfachnutzung von Patientendaten, die im Kontext der Krankenversorgung gewonnen wurden. Dies betrifft sowohl Patientendaten für die medizinische Grundlagenforschung als auch Daten, die für die Planung und Durchführung klinischer Studien erhoben werden. Hier sind die Grenzen zunehmend fließend. Der Aufbau von Biomaterialbanken einschließlich der digitalen Pathologie, die Weiterentwicklung von Hochdurchsatzmethoden für Genomanalysen und Proteomik sowie die Weiterentwicklung von molekularmedizinischen Biomarkern usw. erfordern die langfristige Speicherung und Wiedergewinnung von Datenmengen, die mehrere Größenordnungen über den jetzigen Speicheranforderungen liegen. Die immer engere Verzahnung von Phänotypdaten aus der elektronischen Krankenakte mit großen genetischen Datenbeständen und Bilddaten aus der Diagnostik, die Bereitstellung von IT-Werkzeugen zum Management von großen Biobanken und von Infrastrukturen für Anwendungen der Computational Medicine sind Aufgaben, mit denen sich nicht mehr nur einzelne Forschergruppen, sondern zukünftig auch die klinischen Rechenzentren im Sinne der Bereitstellung von einrichtungs- und projektübergreifender Forschungsinfrastrukturen auseinandersetzen müssen. Da im Bereich klinischer Studien in Deutschland ein Nachholbedarf besteht und hier sowohl in der Methodenentwicklung als

auch in der Durchführung der Studien verschiedene neue Förderprogramme seitens der DFG und des BMBF initiiert wurden, ist in naher Zukunft ein wachsender Bedarf an der Implementierung der entwickelten notwendigen IT-Tools und neuer IT-gestützter Infrastruktur zu erwarten. Wie in Abschnitt 2.3.3 bereits erwähnt, betrifft dies nicht nur Universitätsklinika, sondern vor allem größere nationale und auch internationale Verbände und Netzwerke. Diese Entwicklung wird durch die Exzellenzinitiative noch verstärkt. Weitere notwendige Einsatzfelder der IT in solchen Verbänden werden die gegenseitige Harmonisierung der vorher getrennten Prozessketten und Datenbestände sein.

Für klinische und translationale Forschungsprojekte können die Daten aus den Krankenhausinformationssystemen bereits im Vorfeld herangezogen werden, um die Durchführbarkeit einer Studie betriebswirtschaftlich, logistisch und wissenschaftlich abzuschätzen. Die Entwicklung geht hier teilweise bereits in die Gründung eigener universitärer Academic Research Centers, die als selbstständige Partner und ohne Zwischenvermittler mit der Industrie Projekte durchführen – einerseits im Bereich der Pharmaentwicklung, andererseits aber auch in der Medizintechnik. Auch die klinikinterne Reorganisation sowie der Zusammenschluss einzelner Kliniken und Institute zu größeren Diagnostik- und Behandlungszentren werden eine Anpassung der IT-Infrastruktur erfordern. Modernste IT-Methoden bilden in einem solchen Umfeld ein unverzichtbares Rückgrat.

Bei der Verwendung der Daten aus der Krankenversorgung, z. B. bei der klinischen Annotation von Biomaterialien, ist es außerdem wichtig, dass der Kontext, in dem diese Daten erhoben werden, und die Bedeutung, die den entsprechenden Daten beizumessen ist, klar und für jedermann verständlich definiert sind. Die Präzisierung der Terminologie und der Einsatz entsprechender Ontologiekomponenten in allen klinischen Systemen oder aber als zentraler Terminologieserverinstanz sind Grundvoraussetzungen, um zukünftig Fehlinterpretationen mit gravierenden Konsequenzen zu vermeiden.

Damit bietet die Vernetzung von klinischen Routinedaten mit Forschungsdaten zum einen große Potenziale für die klinische und die translationale medizinische Forschung, geht aber auf der anderen Seite auch gleichzeitig einher mit erhöhten Anforderungen an den Datenschutz und die IT-Sicherheit. Dies gilt umso mehr, als die Hochschulmedizin zunehmend Teil größerer Versorgungsverbände, fachübergreifender integrierter Behandlungszentren oder größerer außeruniversitärer Forschungsverbände wird. Als Beispiel seien hier Spezialdokumentationen wie klinikübergreifende, bevölkerungsbezogene Tumorregister genannt (s. auch Abschnitt 2.3.3).

Die obigen Ausführungen lassen erkennen, warum die Aspekte eines Integrierten Informationsmanagements und die stetige Neuentwicklung von IT-Tools, getrieben durch die Anforderungen der Kliniker und Forscher, in der Hochschulmedizin vielleicht sogar noch dringender zu beachten und zu fördern sind als in anderen Bereichen der Hochschulentwicklung.

3.9.3 IT-Systeme für die medizinische Ausbildung

Trotz der weiterhin unabdingbaren praktischen Ausbildung in der Medizin werden zunehmend E-Learning-Module eingesetzt. Dies betrifft einerseits komplexe Fallsammlungen ein-

schließlich Bild- und Multimediadaten, andererseits die Durchführung von E-Klausuren. Hier ist zu bedenken, dass die entsprechende Software und die Datensammlungen teilweise sehr kostspielig sind und teilweise zum Schutze der Patienten besondere Anforderungen an den Datenschutz stellen. Ebenfalls erfordert die Schaffung von rechtlich abgesicherten Infrastrukturen zur Durchführung von E-Klausuren mit jeweils einigen hundert Studenten gleichzeitig erhebliche Investitionen in die bauliche und in die IT-Infrastruktur sowie personelle Kapazitäten, um diese Infrastruktur adäquat und zeitnah zu verwalten und zu aktualisieren.

3.9.4 IT-Organisation in der Hochschulmedizin

Die oben genannten komplexen Anforderungen bergen die Gefahr einer Zersplitterung der IT-Landschaft, wenn es keine klare Führung durch einen CIO gibt, der einen unmittelbaren Zugang zum Klinikumsvorstand und zum Dekan der Medizinischen Fakultät hat und der die IT-Belange der gesamten Hochschulmedizin strategisch mit unmittelbarer Richtlinien- und Entscheidungskompetenz führt und verantwortet. Die hohen finanziellen und rechtlichen Risiken drohen dann, in einem solchen Umfeld schnell zu defizitären Gesamtstrukturen und zu Schwachstellen in der Unterstützung von Krankenversorgung und medizinischer Forschung zu führen.

Die Struktur der Universitätsmedizin, in der sich auf der einen Seite klinische Fächer und Krankenversorgung, auf der anderen Seite theoretische Institute sowie die Gesamteinbettung in eine Universität wiederfinden, ist äußerst komplex und erfordert bei der IT-Betreuung der einzelnen Teilstrukturen sowie beim Datenaustausch und bei der Kooperation mit weiteren, teilweise externen Forschungseinrichtungen neue Lösungen hinsichtlich der IT-Infrastruktur (Netze, Zugriffsrechte, Instandhaltung, Zugang zu Wissenschaftsnetzen u. a.). Historisch sind an jedem Standort unterschiedliche Lösungen und Versorgungsformen durch Rechenzentren der Universität, der Klinika oder weiterer Einheiten entstanden bzw. in der Planung. Die hohe Dynamik der technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der IT erfordert eine regelmäßige Evaluierung der jeweiligen Lösungen hinsichtlich wirtschaftlicher Effizienz und Versorgungsqualität, um zeitnah neuen Herausforderungen zu begegnen.

Unternehmensspeicherkonzepte und kostenintensive Dienste wie Langzeitarchivierung von Bild- und anderen Daten oder kostenintensive Systeme wie die Digitale Pathologie erfordern integrierte IT-Konzepte und eine mittelfristige Finanzplanung über die gesamte Einrichtung einschließlich externer eingebundener Systeme. Hier werden Summen von jährlich mehreren Millionen Euro erwartet. Ohne umfassendes und leistungsfähiges IT-Controlling, einhergehend mit neuen Strukturen für Qualitäts- und Risikomanagement, werden diese Entwicklungen zukünftig nicht mehr beherrschbar sein.

Zuletzt bieten die aufgebauten komplexen und hocheffizienten Rechnerinfrastrukturen sowie der hohe Fortbildungsgrad der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eine hervorragende Grundlage zu angewandten IT-Forschungsprojekten. Diese Ressource sollte von den Leitungen der Hochschulmedizin stärker unterstützt werden.

Für die Abschätzung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses ist zu bedenken, dass die Voll-Digitalisierung und Vernetzung einer Universitätsmedizin, die zunehmende Zahl an neuen

Aufgaben, das zu erwartende deutliche Wachstum netzbasierter Dienste und deren Einführung und Betreuung, das E-Learning sowie die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben neben investiven Kosten in Gebäudetechnik und Hardware auch eine deutliche Ausweitung der personellen Infrastruktur erfordern.

4 IT-Systeme

Die in den vorigen Kapiteln diskutierten Themenkreise der Prozesssicht sowie der Dienst-Architektur und Versorgungsstruktur gewinnen weiter an Bedeutung, wobei die Durchdringung sowohl in der Tiefe als auch in der Breite zunimmt. Gleichwohl bilden IT-Systeme im weiteren Sinne, also insbesondere die einzusetzende Hard- und Software, nach wie vor deren technische Grundlage. Das Zusammenwachsen von Telekommunikationsdiensten und Datenkommunikation lässt Netze und die darauf basierenden, immer vielfältigeren verteilten Systeme einschließlich der Vielzahl von Endgeräten als immer wichtiger erscheinen.

Bei den Rechnern ist eine weiter zunehmende Substrukturierung der Leistungspyramide zu konstatieren, wie die wachsende Nutzung und Vielfalt mobiler Geräte am unteren Ende sowie die derzeitige Initiative zur Einrichtung europäischer Höchstleistungsrechenzentren im Rahmen des EU-Projekts PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) am oberen Ende zeigen. Während in manchen Fachbereichen der klassische stationäre Arbeitsplatzrechner nach wie vor nicht wegzudenken ist, sind die herkömmlichen Rechnerarbeitsplätze und -räume größeren Stils anderswo fast schon ein Auslaufmodell – Studierende wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzen in zunehmendem Maße Laptops als Basisarbeitsgeräte. Bei den Servern jenseits der reinen Computeserver nimmt die funktionale Differenzierung weiter zu. Schließlich fällt in den Bereich der IT-Systeme auch der Themenkomplex Software, der im Rahmen von IT-Beschaffungen an Hochschulen inzwischen einen signifikant hohen Anteil ausmacht. Immer öfter ist die Verfügbarkeit von leistungsfähiger Software und nicht der entsprechenden Geräte der Flaschenhals.

4.1 Netze

Das Herzstück eines verteilten Informations- und Kommunikationssystems ist die Netzinfrastruktur. Als Basisinfrastruktur muss sie hinreichend und durchgängig leistungsfähig sein, um die jetzigen sowie die sich abzeichnenden Kommunikationsdienste und verteilten Systeme bzw. Anwendungen unterstützen zu können. Die Netzinfrastruktur umfasst dabei die lokalen und hochschulinternen Bereiche, die überregionale Vernetzung sowie den Zugang zu internationalen Netzen. Durch die Aktivitäten im Bereich des Grid-Computing kommt dem Zugang zu internationalen Netzen eine hohe Bedeutung zu.

Das Zusammenwachsen von Telekommunikationsdiensten wie Telefon oder Fax einerseits und Datenkommunikation andererseits ist unübersehbar. Dies zeigen die Entwicklungen von VoIP, Voicemail, Videokonferenzen oder die Kopplung von Telefonie-Infrastrukturen über das Deutsche Forschungsnetz und das Internet. Mit der breiteren Verfügbarkeit ausgereifter, stabiler VoIP-Technologien ist eine Ablösung klassischer Telekommunikationsanlagen durch Migration auch im Hochschulbereich auf dem Weg der stufenweisen Realisierung. Darüber hinaus sind die bei der Zusammenführung von Daten- und Telekommunikation nutzbaren Synergiepotenziale identifiziert und die organisatorisch zumeist getrennten Verantwortungsbereiche inzwischen vielfach zusammengeführt worden. Bei der Planung der Migration ist auf möglichst hohe Herstellerunabhängigkeit zu achten. Netzkomponenten mit für VoIP be-

nötigen Eigenschaften sollten genauso wie Redundanzaspekte bei Ausbau oder Erneuerung von Netzinfrastrukturen dann Berücksichtigung finden, wenn auch entsprechende Planungen für eine Migration vorliegen.

Die WLAN-Technologie sowie andere Techniken zur Mobilkommunikation bieten attraktive Flexibilisierungsperspektiven für die Netzgestaltung, sei es in Ergänzung zum existierenden Festnetz oder eigenständig als Festnetzalternative in dediziertem begrenztem Rahmen (jedoch mit Internet-Anbindung) oder zur Anbindung von Außenstellen über Punkt-zu-Punkt-Brücken. Existierende Anwendungen können dabei komfortabler durch ortsunabhängige, mobile Arbeitsplätze genutzt werden. Die Kombination drahtloser und leitungsgebundener Konnektivität eröffnet ein erhebliches Innovationspotenzial. WLANs stellen eine Lösung primär für mobile Arbeitsplätze dar; sie kommen jedoch auch für stationäre Arbeitsplätze mit begrenzten Ansprüchen an Summenbandbreite und an Sicherheit infrage. Üblicherweise ist eine Leitungsinfrastruktur zur Verbindung der WLAN-Zellen (mit Stromversorgung) vorzusehen, ein vollständiger Verzicht auf eine Leitungsinfrastruktur darf nur in Ausnahmefällen in Betracht gezogen werden.

Die Anforderungen an die Netze werden sich in der Zukunft noch erheblich verstärken, wenn moderne mobile heterogene Geräte (wie z. B. Mobilphones, Personal Digital Assistants (PDAs), Smartphones und andere Handhelds) mit einer Vielzahl von neuen Funktionen integraler Bestandteil des wissenschaftsgetriebenen kollaborativen Tagesablaufes werden und entsprechend in die Netze eingebunden werden müssen. Dies ist eine neue Komplexität für die Netzinfrastruktur, die geeignet adressiert und wohl auch mit mehr Personal unteretzt werden muss, insbesondere im Kontext der notwendigen Sicherheitsarchitektur einer Hochschule.

Dies gilt in verstärkter Weise auch für die Hochschulmedizin, in der das WLAN als Service zunehmend Nicht-Wissenschaftlern, in erster Linie Patienten, zur Verfügung gestellt wird. Hier müssen die erhöhten datenschutzrechtlichen Anforderungen durch spezielle Maßnahmen wie z. B. demilitarisierte Zonen, getrennte Netze usw. erfüllt werden.

Twisted Pair (TP) ist weiterhin die kostengünstigste Variante und gut an die Gegebenheiten von Standardendsystemen angepasst (10/100/1000-TP-Anschluss auch an Laptops, Fernspeisung von VoIP-Hardphones). Gigabit-Ethernet für Endsysteme ist auf diese Weise wirtschaftlich flächendeckend möglich und sollte in Anbetracht zukünftiger Anforderungen an Anwendungen und verteilte Workflows auch realisiert werden. Dies gilt insbesondere auch dann, wenn eine Anbindung als Zweitanschluss hinter einem VoIP-Telefon kurzfristig kostengünstiger erscheinen mag.

Die LWL-Technologie (Fibre-to-the-Desk) ist dann notwendig, wenn überdurchschnittliche elektromagnetische Störeinflüsse vorliegen oder wenn die Entfernungen über den Vorgaben der anderen Technologien liegen. In allen Fällen sollte die Entscheidung von einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung abhängig gemacht werden, die auch auf die jeweilige Endgerätesituation eingeht. Die Technologie zum Anschluss der Endsysteme ist auf die Rahmenbedingungen der konkreten Situation abzustimmen, wobei es an einer Hochschule typischerweise

mehrere Konstellationen geben wird. Herstellerabhängigkeiten sind möglichst zu vermeiden, mindestens aber auszuweisen.

Bei der Planung der aktiven Netzkomponenten sind folgende Gesichtspunkte bezüglich Redundanz und Gerätewahl zu berücksichtigen:

- In Netzen mit reinen Datendiensten reicht in der Regel eine geringfügige Redundanz im Backbone-Bereich aus. Die zusätzlich vorhandenen Geräte können im Normalbetrieb zur Redundanz und zur Verbesserung der Performance eingesetzt werden. Im Kernbereich sollte beim Ausfall eines Gerätes eine möglichst automatische Umschaltung auf Ersatzgeräte möglich sein. Eine interne doppelte Auslegung der Geräte – bis auf redundantes Power Supply – ist auch im Kernbereich in der Regel nicht erforderlich.
- Nur beim Betrieb von Diensten mit höchsten Verfügbarkeitsansprüchen, bei denen beispielsweise sicherheitskritische Dienste (z. B. BSI-Sicherungsstufe „sehr hoch“) vom sicheren Netzbetrieb abhängig sind, kann auch eine doppelte Auslegung von aktiven Komponenten vom Kernbereich bis zum Endgeräteanschluss angemessen sein. Sofern die Bereiche mit höchsten Verfügbarkeitsansprüchen abgrenzbar sind, ist die hohe Redundanz auf diese Bereiche zu beschränken.
- Im Kernbereich ist der Einsatz von modularen Geräten sinnvoll. Die Funktionalitäten von modularen Geräten, die außer Switching auch Zusatzfunktionen wie z. B. Routing, Firewall, Intrusion, Detection usw. bieten, sollten dann auch mitgenutzt werden. Sofern der vorgesehene Hersteller von aktiven Komponenten preiswerte „stackable“ Switches für den Bereich von Gebäude- und Access-Switches anbietet, sollte deren Einsatz geprüft werden. Gesichtspunkte wie hohe Port-Dichte, Verwendung verschiedenartiger Übertragungsmedien o. Ä. können auch den Einsatz von speziellen modularen Geräten für den Access-Bereich rechtfertigen.
- Eine Absicherung der Niederspannungsversorgung ist zu berücksichtigen. Dabei reichen in der Regel unterbrechungsfreie Stromversorgungen aus. Ebenso ist für eine ausreichend abgesicherte Klimatisierung Sorge zu tragen. Sowohl bei der unterbrechungsfreien Stromversorgung als auch bei der Klimatisierung ist für eine ausreichende Überwachung (ggf. mit Alarmierungsmöglichkeit) zu sorgen.
- Beim Aufbau von Funknetzen und bei der Realisierung von VoIP ist die Fernversorgung der geplanten Systeme über die Datenleitungen (Power over Ethernet, IEEE 802.3af) zu berücksichtigen. Dies gilt in besonderem Maße auch für sämtliche betroffenen Etagenverteiler. Statt der hier üblichen Ausstattung mit klassischen unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV-Systemen mit Gleichrichter/Batterie/Wechselrichter) kann der Einsatz einer batteriegepufferten DC-Versorgung (48-Volt-Technik) eine interessante Alternative sein.
- Bei der Planung der aktiven Komponenten ist deren Einbindung in das Netzkonzept und in den Entwicklungsplan darzulegen. Es ist anzugeben, mit welchen Geräten die angestrebten Ziele nach heutigem Stand der Technik erreicht werden sollen, auch wenn bei

mehreren Ausbauphasen zu erwarten ist, dass zum Beschaffungszeitpunkt entsprechende, andere Geräte beschafft werden. Kosten sind anhand konkreter Geräte und deren Konfigurationen zu begründen. Die Orientierung an Richt- und Erfahrungswerten reicht als alleinige Begründung nicht aus. Bei den passiven Komponenten ist die Entscheidung für Glasfaser- vs. Kupfer/TP-Etagenverkabelung zu begründen, auch – sinnvollerweise gebäudebezogen – unter Kostengesichtspunkten.

4.2 Rechnersysteme

Der Betrieb einer modernen Hochschule erfordert mehr denn je die Verfügbarkeit von bzw. den Zugang (auch remote) zu Rechnersystemen aller Typ- und Leistungsklassen. Während in den vorangehenden Kapiteln Aspekte der Betriebs-, Versorgungs- und Netzkonzepte beleuchtet wurden, werden im Folgenden die Anforderungen an die Rechner selbst thematisiert.

4.2.1 Arbeitsplatzrechner für Studierende

Für die Versorgung der Studierenden ist eine flächendeckende Infrastruktur notwendig, die die Onlinenutzung der für administrative Zwecke (Prüfungsanmeldung usw.), Lehre und Forschung (etwa im Rahmen von Projekten) relevanten Dienste sichert. Hierfür ist auf Lehrstuhl-, Instituts- und Fakultätsebene Zugang zu entsprechenden Ressourcen bereitzustellen. Mit dem Auslaufen des HBMG wurde auch das über viele Jahre erfolgreiche Computer-Investitions-Programm (CIP) eingestellt. Studierenden-Rechnerpools sind nun nicht mehr nach Art. 91b GG förderfähig (da kein Forschungsgerät), und eine Begutachtung von CIP-Anträgen im Rahmen des Programms „Großgeräte der Länder“ ist seit 2007 auch nicht mehr vorgesehen. Dessen ungeachtet, und obwohl klassische Rechnerpools immer mehr durch Räume mit Anschlussmöglichkeiten für Laptops bzw. durch WLAN-Infrastrukturen ersetzt werden, sei mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass eine adäquate Arbeitsplatzrechnerinfrastruktur seitens der Hochschulen bzw. der Länder natürlich weiterhin bereitzustellen ist, z. B. auch im Hinblick auf die zunehmende Zahl von Onlineprüfungen bzw. ganz allgemein den Ausbau der E-Learning-Infrastruktur. Außerdem gilt wie bisher, dass auch im Rahmen des Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner-Programms (WAP) beschaffte Systeme in Einzelfällen zu Ausbildungszwecken eingesetzt werden können, etwa für forschungsnaher Lehre (Abschlussarbeiten usw.).

4.2.2 Arbeitsplatzrechner für Wissenschaftler

Für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler können Arbeitsplatzrechner nach wie vor im Rahmen des Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner-Programms beantragt und finanziert werden (als Großgeräte der Länder). Zum Erhalt der Leistungsfähigkeit der Arbeitsgruppen an den Hochschulen sollten alle Bundesländer von dieser Möglichkeit verstärkt Gebrauch machen. Es ist zu beachten, dass die im Rahmen des WAP beantragten Rechner in lokale Strukturen (Cluster) eingebunden und durch Server (lokal, zentral oder virtualisiert) für zentrale Dienste ergänzt werden müssen. Hierdurch muss ein erkennbarer Synergieeffekt ent-

stehen. Für den Betrieb und die Nutzung (einschließlich z. B. Datenmanagement, Datenarchivierung und Datensicherung) sind geeignete Konzepte zu entwickeln und darzulegen. Aus der Einbindung in das IT-Gesamtkonzept der Hochschule müssen die über die lokalen Strukturen hinausgehenden Anbindungen an das Rechenzentrum und die Einbettung in die übrige IT-Struktur erkennbar sein.

Die neuen WAP-Richtlinien im Hinblick auf den Großgerätebegriff betreffend, sei an dieser Stelle aus dem entsprechenden Merkblatt (DFG-Vordruck 21.11 – 2/10) zitiert:

Definition eines WAP-Clusters als Großgerät. *Ein Cluster von Arbeitsplatzrechnern für Wissenschaftler ist als Großgerät im Programm „Großgeräte der Länder“ anzusehen, wenn sich im Betrieb Synergieeffekte ergeben. Diese können die Nutzung von gemeinsamen Ressourcen (z. B. Server, Massenspeicher, Ein-/Ausgabeperipherie, zentral vorgehaltene Daten und Software), die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern (gemeinsame Projekte, fachliche Zielsetzungen), die Administration (Betrieb, Wartung, Betreuung des Clusters lokal oder durch das zuständige Rechenzentrum) betreffen. Über diese Synergieeffekte hinaus kann auch die Investitionsmaßnahme als Gesamtpaket in die Begründung einbezogen werden.*

Auswahl der Komponenten. Die große Mehrzahl der Aufgaben kann heute mithilfe kostengünstiger, weitgehend standardisierter PCs bewältigt werden. Selbst bei Verwendung leistungsstarker und komfortabler Komponenten (Flachbildschirm, großer Hauptspeicher, leistungsfähige Grafikkarte, große und schnelle Festplatte), die im Falle außergewöhnlicher bzw. durch spezielle Anwendungen bedingter Leistungsstärke jeweils gesondert zu begründen sind, sind die entstehenden Kosten heute moderat. Aus Gründen der Zuverlässigkeit und des Wartungsaufwands wird der Einsatz hochwertiger Komponenten empfohlen. Bei der eingesetzten Software sollten Standardlösungen mit offen gelegten Speicherformaten und offenen Schnittstellen bevorzugt werden, um freien Informationsaustausch zu garantieren und die Software- und Verwaltungskosten zu minimieren. Wo immer möglich sollten Open-Source-Umgebungen gefördert werden.

Mobile Komponenten. Heute steht eine große Vielfalt mobiler Komponenten zur Verfügung, die in entsprechenden Projekten neue Möglichkeiten eröffnen und Impulse für Innovationen geben können. Es liegt in der Natur solcher mobilen Komponenten, dass sie nur gelegentlich eine funktionelle Einheit mit einer übergeordneten stationären Anlage bilden können. Eine derartige Konstellation kann aber wesentlich für das Erreichen des projektspezifischen Synergieeffekts sein. Darüber hinaus ist verstärkt zu beobachten, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler heute in wachsendem Maße Laptops als Arbeitsplatzrechner einsetzen – an die Stelle des stationären „Erstrechners“ tritt dabei nur noch eine Docking-Station. In diesem Sinne werden auch in WAP-Anträgen mobile Rechner stationären grundsätzlich gleichgestellt, sofern erstens die Großgeräteeigenschaft im obigen Sinne gewahrt ist und zweitens die mobilen Rechner im Antrag begründet werden (Letzteres vor allem vor dem Hintergrund, dass eine flächendeckende mobile Ausstattung aufgrund der zurzeit noch höheren Kosten und des höheren Wartungsbedarfs stets kritisch zu hinterfragen ist).

4.2.3 Lokale Computeserver

Die Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner sollten inhaltliche Cluster bilden und durch Server (lokal, zentral oder virtualisiert) für zentrale Aufgaben ergänzt werden. Hierzu gehören z. B. Computeserver, aber auch Software-, Daten-, Backup- oder andere Server (s. den folgenden Abschnitt). Nahezu durchgängig sind heute auch hier PC-basierte Systeme mit Mehrkernprozessoren Standard.

Für sehr rechenintensive Nutzung können auch dezentrale Computeserver mit Kosten von bis zu circa 500 000 € geboten sein. Deren Beschaffung und lokaler Betrieb sind aber nur sinnvoll, wenn sie lokal ausgelastet werden können und hardware- und softwaremäßig für die spezifischen Anwendungen ausgestattet sind. Oftmals wird dagegen ein Upgrade eines zentralen Clusters mit dediziertem Nutzungsrecht vernünftiger sein, gerade auch im Hinblick auf den Betrieb. Solche Systeme können zentrale Hoch- und Höchstleistungsrechner ergänzen und entlasten. Beschaffungen in dieser Größenordnung bedürfen einer besonderen wissenschaftlichen Begründung und eines detaillierten Betriebs-, Nutzungs- und Einbettungskonzepts in einvernehmlicher Abstimmung mit dem CIO oder dem IT-Servicezentrum.

Als typische Architektur für solche Computeserver haben sich PC-Cluster etabliert, wobei deren Ausgestaltung aus den Anwendungen heraus begründet sein sollte. Für bestimmte Szenarien kommen auch Cluster aus Spezial-Hardware-Knoten (z. B. Grafikkarten/GPU oder FPGAs) bzw. mit virtueller Speichersoftware (z. B. ScaleMP) infrage. Bei der Leistungsbeurteilung ist das Zusammenspiel aller Parameter (CPU-Leistung, E/A-Leistung, Latenzzeit und Bandbreite) zu beachten.

Im Hinblick auf die schnelle technologische Entwicklung sollten möglichst leistungsfähige Systeme der neuesten Technologie entsprechend dem aktuell abzusehenden Bedarf beschafft werden. Der Versuch, die Standzeit durch Beschaffung von Systemen mit flexibler Ausbaubarkeit zu verlängern, ist in aller Regel nicht sinnvoll. Anstelle der Aufrüstung nach zwei bis drei Jahren ist es meist wirtschaftlicher, neue Systeme zu kaufen und die vorhandenen Systeme für andere Zwecke weiterzunutzen. Die Folgekosten sollten durch Beschaffung von Systemen mit mehrjähriger Garantie niedrig gehalten werden.

In die Wirtschaftlichkeitsberechnung sind auch die Betriebs- und Wartungskosten mit einzu beziehen. Nach Ablauf der Garantie ist es oft sinnvoll, defekte Geräte außer Betrieb zu nehmen. Beim Kauf der Software sollte darauf geachtet werden, dass für die Hochschulen im Kaufpreis nicht nur Updates, sondern auch Lieferungen neuer Versionen enthalten sind. Zeitlich eng begrenzte Lizenzen sind zu vermeiden.

4.2.4 Hochleistungsrechner

Für Hochschulen mit besonders großem, wissenschaftlich begründetem Bedarf können auch eigene Hochleistungsrechner mit einem Investitionsvolumen von typischerweise bis zu circa 5 Mio. € beantragt werden. Solche Rechner sollten stets in ein landesweites Versorgungskonzept einbezogen werden. Sie sollten auch Arbeitsgruppen sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zugänglich sein, für die der Betrieb eines eigenen Computeservers

unwirtschaftlich ist, deren Bedarf und Erfahrung aber für die Nutzung der Höchstleistungsrechner nicht ausreichen. Ebenso sollten sie der Qualifikation von Projektmitarbeitern und somit der Vorbereitung von Projekten sowie Programmen für Höchstleistungsrechner dienen.

Der Bedarf mehrerer Hochschulen eines Landes (oder mehrerer Länder) an Hochleistungsrechenkapazität kann auch von gemeinschaftlich genutzten (Landes-)Hochleistungsrechnern mit einem Beschaffungsvolumen von circa 5–15 Mio. € abgedeckt werden, wie sie von den Mitgliedern der *Gauß-Allianz*, eines Zusammenschlusses von Hochleistungsrechenzentren der Ebene 2 (also nach den nationalen Höchstleistungsrechnern), bereitgestellt werden. Grundsätzlich sollte für alle Hochleistungsrechner gelten, dass die Rechenzeit nach wissenschaftlichen Kriterien und nur für solche Projekte vergeben wird, die nicht auf nachgeordneten Systemen bearbeitet werden können.

Hochleistungsrechner – wie erst recht auch die nachfolgend angesprochenen Höchstleistungsrechner – dienen der unmittelbaren Unterstützung von Forschung, da sie einerseits Gegenstand von Forschung sind, wenn auf ihnen neuartige Lösungsstrategien entwickelt werden, und andererseits Geräte für die Forschung, wenn mit ihrer Hilfe hoch rechenintensive Simulationen zur Lösung von sehr komplexen Problemen durchgeführt werden, die ansonsten nicht oder nicht mit vertretbarem Aufwand behandelt werden können. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz auf Empfehlung des Wissenschaftsrates 2008 eine sogenannte programmatisch-strukturelle Linie „Hochleistungsrechner“ eingeführt hat. An der Erarbeitung der leicht modifizierten Kriterien für die Förderfähigkeit nach Art. 91b GG war die KfR maßgeblich beteiligt. Die *Gauß-Allianz* hat in der Folge die Erfüllung dieser Kriterien zur Beitrittsbedingung gemacht.

4.2.5 Höchstleistungsrechner

Für bestimmte Klassen von Anwendungen, vor allem aus dem Bereich der numerischen Simulation und Optimierung (oft auch als *Grand Challenges* bezeichnet), sind Höchstleistungsrechner erforderlich, deren Beschaffungswert zurzeit deutlich oberhalb von 15 Mio. € liegt. Die Verfügbarkeit solcher Systeme ist heute unbestritten unabdingbare Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit der nationalen Forschung und Technologie. Durch Koordination bei den Beschaffungen muss sichergestellt werden, dass in Deutschland jeweils ein Rechner der neuesten Generation zugänglich ist, der zu den weltweit leistungsfähigsten Rechnern zählen sollte.

Hochleistungsrechner müssen in das bundesweite Wissenschaftsnetz so integriert werden, dass alle Hochschulen für ihre Forschungszwecke auf sie zugreifen können. Bei entferntem Zugriff auf diese Systeme muss die Administration der Netze Spitzenauslastungen zulassen, da für viele Aufgaben neben der erforderlichen hohen Rechenleistung auch hohe Durchsatzraten benötigt werden. Insbesondere muss die Nutzung der Ergebnisdaten meist über Visualisierungssysteme lokal erfolgen.

Wegen des hohen Investitionsvolumens muss sichergestellt werden, dass Höchstleistungsrechner ausschließlich für Probleme eingesetzt werden, die ein System dieser Leistungsfähigkeit auch unabdingbar benötigen. Sie dürfen nicht für die Abdeckung des Grund- und

Hochleistungsrechenbedarfs der Hochschulen herangezogen werden. Der Zugang bedarf daher einer Kontrolle, die den sachgemäßen Gebrauch dieser teuren Ressourcen sicherstellt. Diese Aufgabe kommt den hierfür eingerichteten Lenkungsausschüssen der Höchstleistungsrechenzentren zu, die zukünftig auch stärker international besetzt werden sollten.

In den letzten Jahren hat sich auch die Landschaft des Höchstleistungsrechnens (HPC) in Deutschland stark organisiert und strukturiert. Im *Gauß-Zentrum für Supercomputing* haben sich die drei derzeitigen nationalen Höchstleistungsrechenzentren in Jülich (JSC), Stuttgart (HLRS) und Garching (LRZ) zusammengeschlossen. Das Gauß-Zentrum vertritt Deutschland im europäischen Projekt bzw. Konsortium *PRACE* und bereitet die Installation europäischer Höchstleistungsrechner in Deutschland vor. In der bereits erwähnten Gauß-Allianz finden sich ausgewählte Hochleistungsrechenzentren der zweiten Ebene. Gauß-Allianz und Gauß-Zentrum stimmen sich dabei eng ab, um alle Erfordernisse hinsichtlich Versorgung mit Rechenkapazität, Bereitstellung einer kompetitiven Forschungsinfrastruktur sowie Gewährleistung der Ausbildung für die Top-Systeme zu erfüllen. Die Ebene 2 der Rechnerversorgung, die neben thematischen HPC-Zentren insbesondere universitäre Zentren mit regionalen Aufgaben beinhaltet, ist dabei von besonderer Bedeutung für die Vitalität des HPC-Ökosystems in Deutschland, da diese Zentren als Kompetenzzentren für die Breite der wissenschaftlichen Anwendungen neue Anwendungsfelder erschließen und so die Inkubatoren für die Grand Challenges von morgen sind³.

4.3 Server

Neben Computeservern sowie Hoch- und Höchstleistungsrechnern sind leistungsfähige Server erforderlich, die Basisdienste anbieten und ein sinnvolles Arbeiten im vernetzten Umfeld überhaupt erst ermöglichen. Durch das wachsende Spektrum an Diensten nimmt dabei auch die Vielfalt an Servern stetig zu – mit entsprechend unterschiedlichen Funktionalitäten, Gerätetypen, Dimensionierungen oder besonderen Anforderungen wie Ausfallsicherheit. Der Ausfall solcher Server hat meist dramatischere Konsequenzen als der Ausfall eines Computerservers. Daher ist beim Betrieb dieser Server auf hohe Sicherheit und Verfügbarkeit zu achten; das Aufstellen in separaten Räumen mit beschränktem Zugang sowie hohe Verfügbarkeit sollten selbstverständlich sein. Die Thematik der Datenhaltung wird separat in Abschnitt 4.4 diskutiert – hier sollen zunächst Aussagen zu Servern allgemein und anschließend zu speziellen Servern jenseits Compute- und Datenservern gemacht werden.

Bezüglich der Betriebsmodelle ist eine zunehmende Ausweitung des Spektrums an Optionen zu beobachten. Nicht jeder lokale erforderliche Dienst bedarf auch eines entsprechenden lokal verfügbaren Servers. Ob ein Antrag daher eigenständige Serverkomponenten für bestimmte Dienste enthalten sollte, ob ein zentraler Server durch Vorsehen eines Upgrades oder einer Erweiterung im Antrag ausgebaut werden sollte oder ob gleich der Weg über eine

³ BMBF-Studie „High-Performance Computing in Deutschland – Argumente zur Gründung einer strategischen Allianz“, Prof. Dr. A. Reuter, Hrsg., Sept. 2006

zentral zur Verfügung gestellte Dienstleistung im Sinne einer Virtualisierung des Servers gewählt werden sollte, ist in jedem Einzelfall anhand der konkreten Gegebenheiten sowie anhand der IT-Strategie zu prüfen und zu entscheiden.

Eine Reihe von nicht originär mit wissenschaftlichen Aufgaben befassten Netzdiensten ist inzwischen von derart fundamentaler Bedeutung für das Funktionieren wissenschaftlicher Einrichtungen, dass die zentralisierte Bereitstellung von Diensten und Servern die sinnvollste Lösung darstellt. Beispiele hierfür sind Webservices ebenso wie Mailservices. Für die Einhaltung rechtlicher Vorgaben (etwa beim Unterdrücken von Mails über Spamfilter, beim Datenschutz oder hinsichtlich der Nachverfolgbarkeit von Netzaktivitäten im Rahmen der Strafverfolgung) sind im Bereich der Wissenschaftsnetze Vorgehensweisen etabliert.

Es kann zweckmäßig sein, dass mehrere Einrichtungen derartige Server entweder gemeinsam betreiben, um Synergieeffekte zu erzielen, oder entsprechende Dienste outsourcen. Neben der rechtlichen Lage (Vertraulichkeit von Daten) sind auch Zusagen bezüglich der Weiterentwicklung von Diensten zu prüfen, damit nicht später ein Verharren auf technologisch veralteten Diensten vertraglich erzwungen werden kann.

Wissen und Medien. Für die Speicherung von Wissen in elektronischer Form und das damit verbundene Wissensmanagement wurden in den letzten Jahren zahlreiche Portallösungen sowie Lehr-/Lernplattformen entwickelt und angeboten. Der Einsatz solcher Systeme im Lehrbetrieb ist heute vielerorts Standard. Typische Angebote umfassen dabei elektronische Semesterapparate oder den langfristig garantierten Abruf elektronischer Inhalte wie Folien, annotierte Vorlesungsmitschnitte, Bild- und Filmdateien bis hin zu Eingabedaten für Lehrsimulationen. Bei der Bereitstellung von Inhalten sind die Bestimmungen der einschlägigen Gesetze, insbesondere des Urheberrechts, zu beachten.

Verwaltung. Der Bereich der Verwaltung steht vor der Herausforderung, die vorliegenden, typischerweise sehr heterogenen Datenbestände zu komplettieren und zu integrieren. Da die Daten in diesem Bereich im Regelfall nicht hochdynamisch sind, kann die Integration anfangs auch durch klassische Batch-Prozesse erfolgen. Allerdings muss zuvor klar festgelegt werden, welches System im Einzelfall das führende System einer Datenteilmenge ist. Veränderungen der Daten dürfen nur im jeweils führenden System erfolgen und müssen in den untergeordneten Systemen unterbleiben. Dies lässt sich nur durch organisatorische Maßnahmen erreichen.

In der Vergangenheit wurden Verwaltungssysteme zur Automatisierung verschiedener Verwaltungsvorgänge beschafft und eingesetzt, ohne dass die Notwendigkeit einer gemeinsamen Datenbasis erkannt wurde. Inzwischen steigt der Bedarf an einem Datenabgleich zwischen den Systemen, z. B. bei Aktualisierung personenbezogener Berechtigungen bei Personalwechseln. So müssen etwa Schlüssel eingezogen werden, wenn eine Mitarbeiterin oder ein Mitarbeiter die Einrichtung verlässt. Der Umstieg auf ein einheitliches, integriertes System kann hier sinnvoll sein, wenngleich ein Systemwechsel häufig einen hohen Aufwand bedeutet. Alternativ kann auch die Synchronisation von Grunddatenbeständen im Hintergrund zwischen den Systemen erfolgen, basierend auf einem Identitätsmanagement. Dieser

Ansatz ist langfristig der flexiblere, erfordert aber eine Definition der relevanten Grunddaten sowie die Festlegung der für die jeweiligen Daten führenden Systeme. Die Disziplin der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Verwaltung, nur in den führenden Systemen die Daten zu verändern, ist dabei eine zentrale Voraussetzung. In der Regel ist ein Echtzeitabgleich der Daten nicht erforderlich.

4.4 Datenhaltung

4.4.1 Allgemeine Bemerkungen

Die Gewinnung wissenschaftlicher Daten, ob aus Messungen oder aus Computersimulationen, ist in aller Regel mit hohem Aufwand an Gerätelaufzeit und an Arbeitszeit verbunden. Gleichzeitig stellen solche Daten aber die Hauptquelle für den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn dar. Einer professionellen Datenhaltung und -verwaltung, die dann auch eine effektive und effiziente Datenexploration gestattet, kommt daher eine zentrale Bedeutung zu. Zahlreiche große Datenrepositorien, die z. B. im Bereich des Large Hadron Colliders, der Lebenswissenschaften oder der Klimaforschung entstanden sind und im Volumen zum Teil extrem wachsen, aber auch die Bemühungen der DFG, grundsätzlich die wertvollen Datenbestände von Verbundvorhaben wie Sonderforschungsbereichen nachhaltig zu sichern, unterstreichen die Wichtigkeit dieser Thematik.

Die Konzentration von Daten auf zentralen Fileservern, die eine hohe Verfügbarkeit und Betriebssicherheit aufweisen müssen, ist hierbei unerlässlich. Bei der Konzeption eines Daten-servers sind alle Besonderheiten der zu speichernden Daten im Hinblick auf Sicherheit, Zugriffshäufigkeit und -charakteristik zu berücksichtigen. Automatisierte Backup- und Archivierungslösungen, die von einer leistungsfähigen zentralen Einrichtung angeboten werden, sind lokalen Lösungen überlegen und haben zudem den Vorteil einer Datenhaltung an einem anderen Ort. Welche Speichertechnologie zur zentralen Datensicherung eingesetzt wird, muss in einer Gesamtkostenrechnung entschieden werden, die auch die Betriebskosten berücksichtigt. Ein Archivsystem muss dabei zumeist auch Konzepte zur Langzeitarchivierung vorsehen (s. den nachfolgenden Abschnitt 4.4.2). Speichertechnologien wie Storage Area Network (SAN) oder Network Attached Storage (NAS) haben sich hier bewährt und können die Betriebssicherheit steigern.

Ein Datenhaltungskonzept beinhaltet auch eine Katastrophenvorsorge. Hierzu gehören nicht nur die Lagerung von Kopien an einem anderen Ort, sondern auch geeignete Vorkehrungen, die Zeit bis zur Wiederherstellung der Daten nach einem Totalausfall abzufedern, beispielsweise über zeitnahe Kopieren auf Onlinespeicher zusätzlich zur Datensicherung in ein Bandsystem.

4.4.2 Langzeitarchivierung

Die zunehmende Digitalisierung führt gerade beim Langzeitmanagement von Dokumenten und Forschungsdaten zu neuen Problemen, die inzwischen in ihrem vollen Ausmaß sichtbar werden. Neben herkömmlichen Inhalten wie verwaltungstechnischen und juristischen Dokumentationen (Zeugnisse, Verwaltungsvorgänge, Zulassungen, Urteile, Gutachten usw.) spie-

len im Wissenschaftsbereich Forschungsrepositorien oder genuin völlig neuartige Archivierungsobjekte wie 3D-gescannte archäologische Objekte, CAD-Modelle, Multimediaobjekte usw. eine zunehmend wichtigere Rolle. Die beispielsweise im Bereich der Lebenswissenschaften resultierende Menge zu integrierender und nachhaltig zu speichernder Daten wird bald um Größenordnungen über den jetzigen Volumina liegen und ganz neue Konzepte für die Langzeitspeicherung und Wiedergewinnung der Daten erfordern. Die Entwicklung fehler-toleranter und dauerhafter Speichersysteme jenseits des Petabyte-Bereichs, die mit derartigen Datenmengen effizient umgehen können, ist selbst ein aktuelles Forschungsgebiet, das von der DFG bereits unterstützt wird.

Die Komplexität erhöht sich zusätzlich dadurch, dass Daten, auch wenn sie fehlerfrei gespeichert sind, aufgrund der immer schneller erfolgenden Technologie- und Medienwechsel oftmals bereits nach wenigen Jahren auf neue Speichertechnologien migriert werden müssen, um rekonstruierbar und lesbar zu bleiben. Dies spielt insbesondere dort eine wichtige Rolle, wo Daten oft über Jahrzehnte oder noch länger rückgewinnbar sein müssen, da sonst große persönliche, rechtliche oder gesamtwirtschaftliche Verluste entstehen. Alte Daten können heute oft nur mit sehr großem Aufwand erneut ausgewertet werden, insbesondere müssten komplexe standardisierte Datenverwaltungsstrukturen entwickelt werden, um unabhängig vom jeweiligen Versuchsleiter auch nach vielen Jahren noch den Aufbau und die Struktur der abgelegten Daten nachvollziehen zu können.

4.5 Software

In vielen IT-relevanten Bereichen der Wissenschaft spielt Software heute eine Schlüsselrolle. Dementsprechend ist bei allen IT-Beschaffungsanträgen ein wachsender Anteil an Software zu beobachten. Dies umfasst Systemsoftware, Betriebssoftware, Softwarewerkzeuge sowie Anwendersoftware. Auch wenn hierbei typischerweise jeder Einzelfall seine eigene Charakteristik aufweist, so gilt es doch, einige Vorgehensweisen zu beachten, die im Folgenden kurz dargestellt werden sollen.

Stets sollten alle infrage kommenden Softwarealternativen geprüft werden. So sind verschiedentlich Softwaremonokulturen entstanden, in denen ein bestimmtes Produkt nahezu automatisch beschafft werden soll – ohne eigentliche inhaltliche Gründe. Zudem sind beim Kostenvergleich stets die Gesamtkosten (Beschaffungspreis und Folgekosten) heranzuziehen.

Außerdem sind die verfügbaren Lizenzmodelle genau zu vergleichen. Von Fall zu Fall können Einzellizenzen, Mehrfachlizenzen, Floating-Lizenzen, unbeschränkte Campuslizenzen oder Landeslizenzen die günstigste Lösung darstellen. In manchen Ländern wird etwa mit Landeslizenzen bereits sehr professionell umgegangen, andernorts prägen immer noch rein lokale Beschaffungsentscheidungen das Bild. Hier besteht nach wie vor großes Einsparpotenzial. Voraussetzung ist natürlich, dass die jeweiligen Lizenznehmer transparente und komfortable Mechanismen zur Distribution etablieren, z. B. über Webportale.

Zu beachten sind auch bei Software die Folgekosten, also etwa Wartung, Updates, Lizenzverwaltung oder schlicht Aufbau und Bereitstellung von Know-how zu Bedienung und Betrieb. Auch hier spricht vieles für großvolumige Lizenzpakete.

Schließlich sind auch die Softwareanbieter in der Pflicht, ihre Lizenzmodelle den Bedürfnissen der Hochschulen sowie den technischen Entwicklungen anzupassen. Knotenweise Lizenzen beispielsweise waren schon bei PC-Clustern nicht mehr zeitgemäß, da damit eine sachlich gebotene Parallelisierung oftmals verhindert wurde. Auf Mehrkernarchitekturen werden sie geradezu absurd.

4.6 Querschnittsfunktion Energieeffizienz

Unter dem plakativen Schlagwort „Green IT“ hat sich die Thematik der Energieeffizienz von IT-Produkten in das Bewusstsein auch einer breiteren Öffentlichkeit gebracht. Die Frage der Energieeffizienz hat inzwischen nahezu das gesamte Spektrum von IT-Produkten erfasst: hardwareseitig werden beispielsweise die Möglichkeiten reduzierter Leistungsaufnahme oder eines sporadischen Abschaltens von Komponenten untersucht; softwareseitig sollen „heiße“ Komponenten nicht angesteuert werden, und sogar auf der Ebene numerischer Algorithmen wird über energieeffiziente Varianten nachgedacht. Energieeffizienz ist dabei nicht nur eine Frage ökologischer Verantwortung, sondern auch harter ökonomischer Effizienz. Wenn ernsthaft über Kraftwerke zur Versorgung von Höchstleistungsrechnern nachgedacht wird, wenn bauliche Maßnahmen zur Energieeffizienz nicht umgesetzt werden können, weil Investitions- und Betriebsmittel unterschiedlichen „Töpfen“ zugeordnet werden, was Entscheidungen aufgrund von Gesamtkostenbetrachtungen erschwert, oder wenn die Strom- und Kühlkosten über die Gesamtlaufzeit hinweg nicht im gebotenen Umfang in das Beschaffungskalkül eingehen, dann zeigt dies, dass hier erheblicher Verbesserungsbedarf besteht – bei großen Investitionen ebenso wie bei kleineren Beschaffungsmaßnahmen.

Für IT-Anträge muss dies bedeuten, dass Energiebetrachtungen heute unentbehrlicher Bestandteil sein müssen. Leistungsaufnahme, Stromverbrauch für den Rechenbetrieb, Stromverbrauch für die Kühlung – diese Kerndaten einer Anlage bestimmen die Betriebskosten über die erwartete Gesamtlaufzeit maßgeblich mit, und sie müssen somit auch in die Bewertung der Angebote mit einfließen.

5 Finanzbedarf

Ausgehend von einer Einschätzung der aktuellen Ausstattung in den unterschiedlichen Einsatzgebieten von Rechnern, wird auf Lücken und Defizite in der IT-Versorgungsstruktur hingewiesen. In einigen Teilen des Versorgungssystems müssen zusätzlich Mittel aufgewendet werden, um nachteilige Entwicklungen zu vermeiden. Außerdem müssen neue Finanzierungsmöglichkeiten neben den existierenden Förderverfahren erschlossen werden, damit auch der mittelfristig erkennbare Bedarf befriedigt werden kann.

5.1 Stand der Versorgung

Abgesehen von einigen Ausnahmen ist die Versorgung mit Rechnerkapazität im Allgemeinen als befriedigend zu bezeichnen. Die nachfolgende Darstellung des aktuellen Standes erfolgt auf der Grundlage der begutachteten Anträge zur Beschaffung von IT-Systemen in den Nachfolgeverfahren des HBFVG. Durch die Umstellung der Verfahren ergibt sich, dass verstärkt Beschaffungen von kleineren und mittleren Systemen außerhalb der genannten Verfahren erfolgen. Insofern sind die im Folgenden angegebenen Zahlen kein Maßstab für den Gesamtbedarf. Nur Rechnersysteme, deren Einzelpreis die jeweilige Bagatellgrenze übersteigt, wurden in der Regel im Rahmen der genannten Verfahren finanziert.

5.1.1 Arbeitsplatzrechner für Studierende

Arbeitsplatzrechner für Studierende wurden über das „Computer-Investitions-Programm“ (CIP) in den Jahren 1985 bis 2006 im Rahmen des HBFVG mit einem Investitionsvolumen von circa 20 Mio. € pro Jahr empfohlen. Ab 2006 sank das Volumen auf circa 10 Mio. € pro Jahr. Im Nachfolgeverfahren „Großgeräte der Länder“ ist ab dem Jahr 2007 eine Begutachtung nicht mehr vorgesehen.

CIP-Anmeldungen				
	Anträge	Kosten (Mio. €)	Arbeitsplätze	Mittl. AP-Kosten ⁴ (T €)
1996–2000	792	101,1	21.423	4,7
2001–2005	802	104,4	27.813	3,7
2006–2007 ⁵	165	22,2	5.879	3,8

Tabelle 1: Arbeitsplatzrechner für Studierende

⁴ Gesamte Antragssumme dividiert durch die Anzahl der Arbeitsplätze (einschl. Server).

⁵ Im Jahr 2007 wurden nach Ablauf des CIP noch Anträge entschieden, die im Jahr 2006 beantragt wurden.

5.1.2 Arbeitsplatzrechner für Wissenschaftler

Das Programm „Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner-Programm“ (WAP) des HBFG wurde zunächst nicht in die Begutachtung des Nachfolgeverfahrens „Großgeräte der Länder“ übernommen. Nach ersten Erfahrungen zeigte sich seitens der Länder ein deutliches Interesse, diese Anträge auch in das Programm „Großgeräte der Länder“ zu übernehmen. Die Kriterien für die Antragstellung und Begutachtung wurden weitgehend aus dem HBFG-Verfahren übernommen. Die niedrigen Zahlen der Jahre 2008 und 2009 sind zum einen der verspäteten Übernahme in das neue Verfahren, zum anderen den geänderten Bagatellgrenzen des Programms „Großgeräte der Länder“ zuzurechnen. Die aktuellen Daten zeigen eine deutlich steigende Tendenz für diese Anträge. Die Entwicklung der mittleren Arbeitsplatzkosten ist trotz der fallenden Kosten stagnierend, da höhere Leistungen und bessere Ausstattungen der Rechner beantragt werden.

WAP-Anmeldungen				
<u>HBFG</u>				
Jahr	Anträge	Mio. €	Arbeitsplätze	Mittl. AP-Kosten ⁶ (T €)
2006	105	20,2	4.422	4,6
2007	29	7,6	1.841	4,1
<u>Großgeräte der Länder</u>				
2008	25	5,3	1.476	3,6
2009	28	5,6	1.185	4,7
2006–2009	187	38,7	8.924	4,2

Tabelle 2: Arbeitsplatzrechner für Wissenschaftler

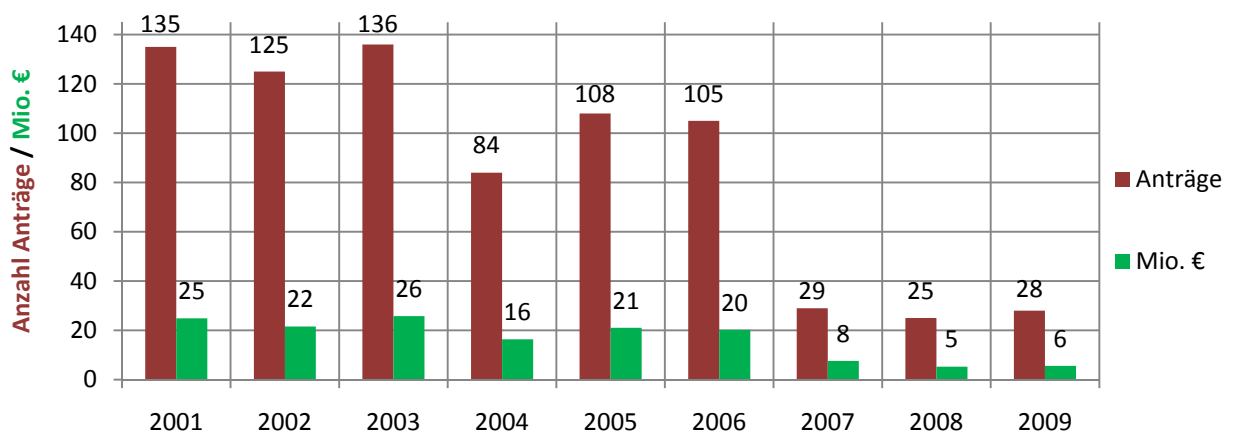


Abbildung 1: Arbeitsplatzrechner für Wissenschaftler 2001–2007: HBFG-Verfahren; 2008–2009: LAGG-Verfahren

⁶ Gesamte Antragssumme dividiert durch die Anzahl der Arbeitsplätze (einschl. Server).

5.1.3 Gesamte IT-Investitionen

IT-Investitionen (Angaben in Mio. €)

	2001–2005	2006	2007		2008		2009	
	HBFG	HBFG	HBFG+LAGG	FUGG	HBFG+LAGG	FUGG	LAGG	FUGG
Rechenzentren	158	31,2	11,7	13,3	23,6	3,3	18,9	8,5
Medizin	225	109,2	19,9		6,9		25,6	1,1
Verwaltung	22	5,2	1,2		2,9		3,0	
Bibliotheken	28	1,0	1,8		0,3		0,1	1,2
Dedizierte Systeme ⁷	244	49,0	12,4	7,1	0,8	6,9	11,0	9,6
Zusammen	677	195,6	47,0	20,4	42,4	10,2	58,6	20,4

Hochleistungsrechner	2001–2005	2006	2007	2008	2009
	HBFG	HBFG			FUGB
	89	40,7	0	0	45

Anträge auf Vernetzung	2001–2005	2006	2007	2008	2009
	143	29,6	11,1	9,4	5,6

Tabelle 3: Gesamte IT-Investitionen

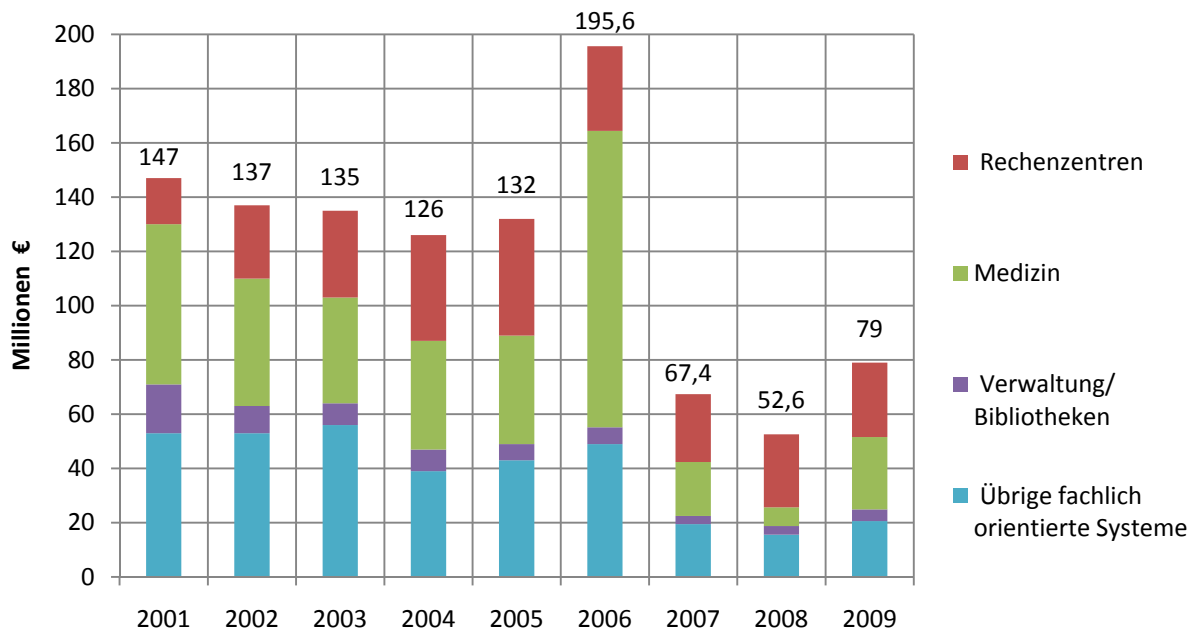


Abbildung 2: IT-Investitionen: 2001–2006: HBFG-Verfahren; 2007–2009: FUGG/LAGG-Verfahren

⁷ Übrige, fachlich orientierte Systeme

Tabelle 3 zeigt die Entwicklung der gesamten IT-Investitionen für die Jahre 2001 bis 2005. Die Investitionen in Kommunikationsnetze sind in dieser Tabelle separat aufgeführt.

Unter *dedizierten Systemen* werden dezentrale Rechner wie z. B. CIP-Pools, WAP-Cluster, CAD-Systeme und lokale Server zusammengefasst.

Die Entwicklung der gesamten IT-Investitionen ist durch die Ablösung des HBFG durch die Nachfolgeverfahren „Forschungsgroßgeräte“, „Großgeräte in Forschungsbauten“ und „Großgeräte der Länder“ und die sich hieraus ergebenden Änderungen der Rahmenbedingungen geprägt. Dies betrifft insbesondere die Erhöhung der Bagatellgrenzen, aber auch die geänderten Finanzierungsmodelle.

IT-Investitionen über 5 Mio. € werden bei einem überwiegenden Einsatz in der Forschung im Programm „Großgeräte in Forschungsbauten“ behandelt. Besonders hiervon betroffen sind die Hochleistungsrechner (HPC). Wegen der Problematik, diese als „klassische“ Forschungsbauten zu behandeln, wurde vom Wissenschaftsrat und der GWK (Gemeinsame Wissenschaftskonferenz) eine programmatisch-strukturelle Linie „Hochleistungsrechner“ vereinbart. Bei der Ausgestaltung der Grundlagen war die Kommission für IT-Infrastruktur maßgeblich beteiligt.

Investitionen im IT-Bereich, die auch für den Einsatz Ausbildung und Lehre sowie Krankenversorgung vorgesehen sind, werden allein im von den Ländern finanzierten Programm „Großgeräte der Länder“ ähnlich dem HBFG behandelt. Hierzu gehören auch IT-Gesamtkonzepte einschließlich darin enthaltener Beschaffungsmaßnahmen.

Anträge auf Vernetzung werden von der DFG weiterhin in einem gesonderten Verfahren begutachtet.

In den vorgenannten Aufstellungen sind die Anträge zu Hochleistungsrechnern und Anträge auf Vernetzung gesondert aufgeführt.

5.2 Volumen der zukünftigen Investitionen

Modellrechnungen zur Ermittlung des Finanzbedarfs in den nächsten Jahren sind allein auf der Basis der aufgewendeten Mittel für IT-Infrastruktur in den verschiedenen Beschaffungsverfahren, die über die DFG laufen (DFG-Projekte, Forschungsgroßgeräte, Großgeräte in Forschungsbauten, Großgeräte der Länder) nicht möglich. Es sind einige Beschaffungen seinerzeit außerhalb des HBFG wie jetzt auch außerhalb der neuen Verfahren erfolgt, weil entweder in diesen Verfahren keine Mittel verfügbar waren oder der Preis der Funktionseinheiten die Bagatellgrenze nicht überstieg. Bei den Zahlen ab 2007 müssen außerdem die Anhebung der Bagatellgrenze und der Wegfall des CIP berücksichtigt werden. Die Kommission für IT-Infrastruktur kann aber aufgrund der Erfahrungen aus den Begutachtungen, Gesprächen, Begehungen und dem Vergleich mit Entwicklungen im Ausland qualitative Aussagen zu den notwendigen Aufwendungen machen, soweit nicht detaillierte Angaben in den vorausgegangenen Kapiteln gemacht wurden.

Die KfR hält das in den letzten Jahren eingesetzte Finanzvolumen für nicht ausreichend, um eine ausgewogene Versorgungsstruktur auch zukünftig zu gewährleisten. Soll die zurzeit

weitgehend bedarfsgerechte IT-Ausstattung erhalten, technischen Entwicklungen angepasst und neuen Anforderungen gerecht werden, so müssen deutlich mehr Mittel zur Verfügung gestellt werden. Die erkennbare Finanzierungslücke der letzten Jahre bei den fachlich orientierten Systemen muss unbedingt ausgeglichen werden, wenn nicht erhebliche Engpässe in der Versorgung mit IT-Kapazität vor Ort entstehen sollen. Durch die Integration der Verwaltungssysteme in das IT-Gesamtkonzept einer Hochschule können diese Forschung und Lehre wesentlich unterstützen und zur Effizienzsteigerung beitragen. Diese neuen Aufgaben erfordern jedoch zusätzliche Investitionen. So ist es ein Irrweg, mit IT-Unterstützung billigere Lösungen anzustreben – es geht um bessere Lösungen. Die vielfältigen Anforderungen an die Medizinischen Fakultäten und Universitätsklinika als Stätten der medizinischen Maximalversorgung sind in den letzten Jahren auch durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen weiter gestiegen und werden weiter steigen. Dies erfordert sehr leistungsfähige und komplexe Informationssysteme. Die notwendigen Investitionsvolumina werden über denen der letzten Jahre liegen. Die Softwarekosten, aber auch die Betriebs- und Folgekosten, wie Wartung, Energiekosten usw., steigen zunehmend, sodass Hochschulen wie Bund und Länder bei IT-Beschaffungen diese tatsächlichen Gesamtkosten im Sinne eines Total-cost-of-ownership beachten sollten.

Eine große Anzahl von Forschungsgebieten benötigt zur Durchführung ihrer Vorhaben IT-Systeme mit erheblicher Leistung. Für diese Projekte ist der Rechner einschließlich der Software zentrales Forschungsgroßgerät, dessen Finanzierung auch in den gleichen Verfahren erfolgen muss wie für die übrigen Großgeräte für Forschung. Dies gilt auch bei der Förderung von Einzelprojekten, in der Rechner beschafft werden können, um den projektspezifischen Bedarf zu befriedigen. Jenseits der Beschaffung von IT-Systemen ist aber auch ein Umdenken in den Fachdisziplinen und bei der Bewertung von Forschungsanträgen erforderlich: Die Erstellung von Software, z. B. von Simulationssoftware im HPC-Bereich, muss endlich als wissenschaftliche Leistung anerkannt werden. Es kann nicht angehen, dass ein mittels eines dreiwöchigen Laufs erzielt Resultat als wissenschaftliches Ergebnis eingestuft wird, das Entwickeln des zugrunde liegenden Codes an sich aber nicht.

Besonders teure Forschungsgroßgeräte sind Hoch- und Höchstleistungsrechner, deren Leistung ausschließlich für Forschungsprojekte benötigt wird. Hier war bisher die Beschaffung über das Verfahren des Forschungsbaus nach Art. 91b GG in der dafür eingerichteten programmatisch-strukturellen Linie nur bedingt erfolgreich. Daher müssen für die anzustrebende Installation von Spitzentechnologie in Form weiterer Hochleistungsrechner in Deutschland Mittel in diesem oder einem anderen Verfahren bereitgestellt werden. Keinesfalls darf die nationale Versorgung mit Hochleistungsrechnern, unter Umständen sogar mit dem Hinweis auf die im Rahmen des Gauß-Zentrums für Supercomputing geschaffene nationale Höchstleistungsrechner-Infrastruktur, geschmälert werden, deren Leistungsfähigkeit gerade für die sinnvolle und effiziente Nutzung von Höchstleistungsrechnern von großer überregionaler Bedeutung ist.

Von zentraler Bedeutung für die gesamte IT-Versorgungsstruktur sind die Netze. An allen Hochschulen muss eine leistungsfähige Netzinfrastruktur geschaffen und, dem technologi-

schen Stand folgend, erhalten bzw. aktualisiert werden. Dies erfordert weiterhin erhebliche finanzielle Anstrengungen, wenn die notwendigen Verbesserungen in der Qualität der Netze erreicht werden sollen. Bei den Planungen sollte berücksichtigt werden, dass aktive Komponenten der Netze nach circa fünf Jahren ersetzt werden müssen, wenn die Funktionsfähigkeit erhalten bleiben soll und technologische Fortschritte genutzt werden sollen.

Unter Berücksichtigung der genannten Gründe sowie der Kurzlebigkeit vieler IT-Systeme bzw. eines gebotenen Erneuerungszyklus von 3–5 Jahren empfiehlt die Kommission zusammengefasst dringend, die Mittel für die IT-Versorgung zu erhöhen. Da dieses nicht ausschließlich im Rahmen der genannten Fördermaßnahmen nach Art. 91b GG, an denen sich der Bund beteiligt, erfolgen kann, sind hier im verstärkten Maß die Bundesländer gefordert, um ihren Hochschulen und Universitätsklinika im stärker werdenden Wettbewerb keine Nachteile entstehen zu lassen.

6 Antragstellung

Auf der Homepage der DFG finden Sie Informationen

- zur Kommission für IT-Infrastruktur:

www.dfg.de/dfg_profil/gremien/hauptausschuss/it_infrastruktur/index.html

- zu den verschiedenen Verfahren der Großgeräteförderung und zur Beantragung:

www.dfg.de/wgi

- zu Anträgen auf Vernetzung im Hochschul- und Universitätsklinikbereich:

www.dfg.de/formulare (Formular 21.202)

- zu den Empfehlungen der Kommission für Rechenanlagen für die Jahre 2006–2010:

www.dfg.de/download/pdf/foerderung/programme/wgi/wgi_kfr_empf_06.pdf

- zu weiteren Stellungnahmen der Kommission für IT-Infrastruktur und des Apparateauschusses der DFG:

www.dfg.de/foerderung/programme/infrastruktur/wgi/stellungnahmen_besondere_geraete/index.html

Glossar

BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CAD	Computer Aided Design – Computergestützter Entwurf
CIO	Chief Information Officer – Leiter Informationstechnologie
CIP	Computer-Investitions-Programm
Cloud (Computing)	Dynamische Bereitstellung und Nutzung von IT-Infrastruktur über das Netz
DFN	Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes e. V.
FUGB	Großgeräte in Forschungsbauten nach Art. 91b GG
FUGG	Forschungsgroßgeräte nach Art. 91b GG
GPGPU	General Purpose Computation on Graphics Processing Units (Grafikprozessor für nicht grafikrelevante Berechnungen)
GPU	Graphics Processing Unit (Grafikprozessor)
HBFG	Hochschulbauförderungsgesetz
HPC	High-Performance Computing
IEEE 802.1X	Standard zur Authentifizierung in Computernetzen
IEEE 802.3af	Standard für Power over Ethernet
IdM	Identity Management – Identitätsmanagement
ITIL	IT Infrastructure Library – Regel- und Definitionswerk für den Betrieb der IT-Infrastruktur
LAGG	Großgeräte der Länder
LWL	Lichtwellenleiter
MpSoC	Multiprocessor Systems on a Chip
NAS	Network Attached Storage – Netzwerkspeichertechnik
PKI	Public-Key-Infrastruktur
PRACE	Partnership for Advanced Computing in Europe
Private Cloud	IT-Infrastruktur in einem geschützten Bereich für die Belange einer Institution
SAN	Storage Area Network – Verbindung von Server und Speichersystem über dedizierte Leitungen
Single-Sign-On	Einmalanmeldung
SOA	Serviceorientierte Architektur
TP	Twisted Pair
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VoIP	Voice over IP – Telekommunikation über Computernetzwerke
VR	Virtuelle Realität
WAP	Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner-Programm
WLAN	Wireless-LAN – drahtloses lokales Netzwerk