

HIPEC NRW

- **HIgh PE**rformance **C**omputing Nordrhein-Westfalen -

**Kooperatives Versorgungskonzept
für das Hoch- und Höchstleistungsrechnen
in den Hochschulen des Landes**

Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen
(MSWF NRW)

Januar 2002

1. Vorwort

Der Wissenschaftsrat hat im Mai 2000 eine Empfehlung zur künftigen Nutzung von Höchstleistungsrechnern verabschiedet. In diesem Zusammenhang hat er sich angesichts der Dynamik und der Bedeutung dieses Bereichs für die internationale Wettbewerbsfähigkeit für eine strategische Abstimmung der Höchstleistungsrechnerkapazität im nationalen Rahmen ausgesprochen. Hierzu wurde der „Nationale Koordinierungsausschuß zur Beschaffung und Nutzung von Höchstleistungsrechnern“ beim Wissenschaftsrat eingerichtet, in dem universitäre und außeruniversitäre Nutzer und Betreiber vertreten sind. Aufgabe des Nationalen Koordinierungsausschusses ist es, Aufbau und Betrieb von Höchstleistungsrechnern in eine bundesweite, institutionenübergreifende Investitionsstrategie einzubetten. Er gibt Orientierungshilfen in zentralen Fragen des Höchstleistungsrechnen und befasst sich mit der Weiterentwicklung von Steuerungsmodellen. Er spricht Empfehlungen an Bund, Länder und Trägerorganisationen von Höchstleistungsrechnern aus, die in Analogie zu den Empfehlungen des Wissenschaftsrates zur Rahmenplanung Grundlage entsprechender Investitionsentscheidungen sind. Für die weitere Planung der Bundeshöchstleistungsrechenzentren hat der Wissenschaftsrat im August 2001 die Länder gebeten, ihre mittel- und langfristige Investitionsplanung zur Beschaffung von Höchstleistungsrechnern bis Ende Januar 2002 mitzuteilen.

Planungen für den DV-Bereich sind in Nordrhein-Westfalen (NRW) seit dem „ADV-Gesamtplan für die Hochschulen des Landes“ aus dem Jahre 1975¹ bekannt und üblich. Aus dieser Kontinuität heraus wurde die Anfrage zum Anlass genommen, eine entsprechende Konzeption für das Hoch- und Höchstleistungsrechnen auf Landesebene zu entwickeln. Zielstellung ist es, diese Facette der informations- und kommunikationstechnischen Infrastruktur in den Hochschulen des Landes mittels einer kooperativen Lösung nachhaltig auszurichten.

Eine Arbeitsgruppe unter Federführung des MSWF hat im Zeitraum von Oktober 2001 bis Januar 2002 das hier vorgelegte Konzept erarbeitet. Herrn Professor Dr. C. Bischof, Herrn Dr.-Ing. K. Brühl (beide RWTH Aachen) und Herrn Professor Dr. F. Karsch (Universität Bielefeld) sei für die Mitarbeit in der Projektgruppe gedankt. Im Zusammenhang mit der Erstellung des Konzeptes wurden einige informative und kritische Diskussionen mit Vertretern von Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen geführt. Hier sei insbesondere Herrn Professor Dr. F. Hoßfeld (Forschungszentrum Jülich), Herrn Professor Dr. W. Reuter (Fachhochschule Aachen) und Herrn Dr. W. Trier (Universität Köln) gedankt.

¹ ADV-Gesamtplan für die Hochschulen des Landes NRW bis 1980 (ADVGP-HS 1980, Dezember 1975) und ADV-Gesamtplan für die Hochschulen des Landes NRW (ADVGP-HS, 2. Fassung, April 1980); beides herausgegeben vom Minister für Wissenschaft und Forschung des Landes NRW;

2. Zusammenfassung

Für das Hoch- und Höchstleistungsrechnen (High Performance Computing) in den Hochschulen des Landes wird ein kooperatives Versorgungskonzept vorgestellt. Es werden die Leitvorstellungen des MSWF für diese Facette der Informations- und Kommunikations-Infrastruktur (IuK) vorgestellt und Empfehlungen für die Hochschulen des Landes formuliert. Gleichzeitig wird hiermit auch ein weiterer Baustein für die Förderung des wissenschaftlichen Rechnens im Rahmen der Erst- und auch der Weiterbildung gelegt.

Für die vielfältige Wissenschafts- und Forschungslandschaft NRW sind Hoch- und Höchstleistungsrechner bedeutende Bausteine einer leistungsfähigen und flächendeckenden IuK-Infrastruktur. Dies verdeutlichen auch die zahlreichen Arbeitsgebiete des High Performance Computing in Wissenschaft und Forschung.

Um zwischen den verschiedenen Rechnerklassen zu unterscheiden wird eine anwenderorientierte Sicht gewählt. Bezogen auf einen lokalen Arbeitsplatzrechners muss ein Hochleistungsrechner eine um den Faktor 100, und ein Höchstleistungsrechner eine um den Faktor 1000 höhere Rechenleistung bieten.

In NRW ist mit dem John von Neumann-Institut für Computing (NIC) im Forschungszentrum Jülich eines von drei Bundeshöchstleistungsrechenzentren etabliert. Anwender aus NRW mit Bedarf an Höchstleistungsrechnerkapazität nutzen intensiv die Ressourcen der vorhandenen Bundeshöchstleistungsrechenzentren.

Mit der Inbetriebnahme des neuen Rechners an der TH Aachen steht wieder ein Hochleistungsrechner auf Landesebene zur Verfügung. Für spezielle Anforderungen sind an einzelnen Standorten leistungsfähige Compute-Server vorhanden, die der Klasse der Hochleistungsrechner zugeordnet werden können.

Zur Zeit sind ca. 2/3 aller Räume in den Hochschulen vernetzt. Der weitere Ausbau bis auf einen durchschnittlichen Vernetzungsgrad von 86 % (Fachhochschulen 94 % und Universitäten 85 %) von 73105 Räumen bis zum Jahr 2003 ist geplant.

Die Vernetzung zwischen den Hochschulen hat mit dem Gigabit-Wissenschaftsnetz (G-WiN) ein hohes Niveau erreicht und wird im Rahmen der technologischen Weiterentwicklung fortgeschrieben.

Das Rechenzentrum ist der zentrale Dienstleister für den IuK-Bereich einer Hochschule. Die gestiegenen qualitativen und quantitativen Anforderungen an die IuK-Infrastruktur und die Informations- und Verarbeitungs-Dienste (IV-Dienste) müssen trotz angespannter Finanz- und

Personallage erbracht werden. Die dafür benötigte Produktivitätssteigerung gelingt nur mit Hilfe von kooperativen Lösungen, wie dem Rechnerverbund NRW (RV-NRW).

NRW strebt den organisatorischen und infrastrukturellen Ausbau der Rechnerversorgung in den Hochschulen des Landes an, so dass für alle relevanten Fragestellungen geeignete Lösungssysteme und entsprechende Zugänge dazu bereit stehen. Die Ausgestaltung wird dabei so gewählt, dass einerseits die verschiedenen Leistungsebenen (lokaler Server – Hochleistungsrechner – Höchstleistungsrechner) adäquat ausgestattet sind und andererseits für kontinuierliche Übergänge zwischen den Leistungsebenen gesorgt wird.

Für die Spitzenanforderungen werden die Kapazitäten der Bundeshöchstleistungsrechenzentren genutzt. Der Aufbau eines Höchstleistungsrechenzentrums in einer Hochschule des Landes ist nicht beabsichtigt. Hingegen wird der Ausbau der guten Kooperation mit dem NIC im Forschungszentrum Jülich angestrebt.

Für den Ausbau der Rechnerinfrastruktur im Bereich des Hochleistungsrechnen wird, in Absprache mit den Hochschulen, eine kontinuierliche Investitionsplanung im Rahmen des HBFG-Verfahrens durchgeführt. Hierzu legen die Hochschulen im zweijährigen Rhythmus ihre Beschaffungsplanungen vor.

Das Land favorisiert und fördert die Kooperation der Hochschulen in Form von Verbänden bei spezifischen infrastrukturellen Themen. Der Verbundgedanke kann sich dabei sowohl auf Ressourcen als auch Kompetenzen beziehen. Mit dem Rechnerverbund NRW (RV-NRW) verfügen die Hochschulen über eine hervorragende Ausgangsbasis für eine funktionierende hochschulübergreifende Kooperation im Bereich der IuK-Infrastruktur. Im Rahmen der Konzeptumsetzung wird der Ausbau des RV-NRW in Richtung eines Ressourcen- und Wissensverbundes angestrebt.

NRW wird seine investiven und organisatorischen Anstrengungen weiter fortsetzen, um den qualitativen und quantitativen Ausbau der Rechenversorgung und einer leistungsstarken Vernetzung in den Hochschulen des Landes sicherzustellen.

3. Die Bedeutung des High Performance Computing für Wissenschaft und Forschung in NRW

NRW verfügt heute über 53 Hochschulen und über eine breite Palette von leistungsfähigen Einrichtungen und Instituten, die das Spektrum von der Grundlagenforschung bis hin zur anwendungsorientierten Forschung abdecken.

Hierzu zählen elf Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft e.V. (MPG), das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), das Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ), elf Fraunhofer-Institute, neun Institute der Blauen Liste, sowie mehr als 100 An-Institute an den Hochschulen. Aufgrund dieser Konzentration von Forschungs- und Bildungseinrichtungen ist NRW einer der führenden Wissenschafts- und Technologiestandorte in Europa.

Für die Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen ist eine leistungsfähige Informations- und Kommunikationsinfrastruktur ein unverzichtbares Instrument. Für diese Einrichtungen stellt insbesondere die Verfügbarkeit von Rechnern für das High Performance Computing einen entscheidenden Differenzierungsfaktor im nationalen und internationalen Wettbewerb dar.

Die Diskussion der Wettbewerbsfähigkeit in einer modernen und globalen Bildungslandschaft ist momentan stark geprägt von anwendungs- und inhalteorientierten Überlegungen. Dabei darf der Ausbau und die Fortschreibung einer adäquaten IuK-Infrastruktur² jedoch nicht vergessen werden; bilden sie doch das Rückgrat aller weiteren Überlegungen und Aktivitäten der Hochschulen. Durch die rasche technologische Weiterentwicklung der IuK-Infrastruktur und die immer stärker werdende Abhängigkeit aller Bereiche davon hat sich in den letzten Jahren ein enormer Investitionsbedarf aufgebaut. Deshalb ist es notwendig durch die Verankerung von nachhaltigen Planungskonzepten in den Hochschulen eine leistungsfähige und flächendeckende IuK-Infrastruktur aufzubauen, sowie diese kontinuierlich und bedarfsgerecht weiterzuentwickeln.

Mit dem Bericht über „die Informations- und Kommunikationstechnische Infrastruktur und ihre mittelfristige Entwicklung an den Hochschulen des Landes NRW“ [1] wurde im August 2000 den Hochschulen hierfür ein erstes Orientierungspapier an die Hand gegeben.

² IuK = Information und Kommunikation

4. Stand des High Performance Computing in NRW

Bereits 1998 wurde auf Anregung des Ministeriums vom ARNW³ ein Statusbericht zum Hoch- und Höchstleistungsrechnen in den Hochschulen des Landes erstellt [2]. Ergänzt um weitere Aspekte soll hier der aktuelle Stand des High Performance Computing in NRW kurz beleuchtet werden.

4.1. Definition

Im englischsprachigen Raum spricht man von High Performance Computing oder Supercomputing, während im Deutschen zwischen Höchstleistungsrechner und Hochleistungsrechner differenziert wird. Es drängt sich die Frage auf, ob es eine Definition von Hoch- und Höchstleistungsrechner gibt, die es ermöglicht nachhaltig zwischen diesen Systemen zu unterscheiden.

Eine Lösung für diese Fragestellung liefert ein Zitat von Neil Lincoln (Architekt der CDC Cyber 205). Er führte aus: *a supercomputer is a computer that is just one generation behind the requirements of the large scale users*⁴. Dies führt zu einer geeigneten Abstraktionsebene, die sich an der Sicht des Benutzers orientiert.

Die Klassifizierung eines Rechners in die Kategorien Arbeitsplatzrechner, Hoch- oder Höchstleistungsrechner ist aufgrund der kurzen Innovationszyklen, zum Beispiel bei der Prozessorentwicklung, einer schnellen zeitlichen Veränderung unterworfen. Damit ein zentral installierter Hochleistungsrechner für einen Anwender interessant wird, sollte dieser dem Benutzer mindestens eine Größenordnung mehr an Ressourcen (Rechenleistung, Speicher) bieten als ihm lokal auf einer Workstation oder einem PC-Cluster seiner Arbeitsgruppe zur Verfügung stehen. Da ein Anwender zudem eine zentrale Ressource mit anderen Benutzern teilen muss⁵, sollte die Leistung eines Hochleistungsrechners daher mindestens einen Faktor 100 über der lokal verfügbaren Rechenleistung liegen. Ein Höchstleistungsrechner sollte demgegenüber sicherlich nochmals eine um einen Faktor 10 höhere Leistung bieten, um ausgewählten, einzelnen Benutzern für längere Zeiträume Kapazitäten zur Verfügung stellen zu können, die einen Faktor 100 über der seines lokalen Rechners liegen, ohne dass dadurch die Nutzung der Ressource als Hochleistungsrechner für weitere Benutzer eingeschränkt wird. Diese Überlegungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

³ ARNW = Arbeitskreis der Leiter der Hochschulrechenzentren in Nordrhein-Westfalen.

⁴ Ein Supercomputer ist ein Computer, der gerade eine Generation über den Anforderungen der großen Anwender liegt.“

⁵ Erfahrungsgemäß werden zu einem Zeitpunkt ca. 90 % der Rechenzeit auf einem zentralen Server einer Universität von ca. 10 Benutzern abgerufen. [1].

Rechner	Leistung*	typische Rechner im Jahr 2002	
		Gflops	Speicher
Arbeitsplatzrechner (Workstation, kleine PC-Cluster)	1	2-20	~1 GByte pro Prozessor
Hochleistungsrechner	100	200-2000	
Höchstleistungsrechner	1000	2000-20.000	

*Leistung in Einheiten eines Arbeitsplatzrechners. Je nach Anwenderprofil wird sich diese Grundeinheit zu einem gegebenen Zeitpunkt aus Sicht einzelner Anwender um einen Faktor 10 unterscheiden.

4.2. Aufgabenfelder

Theorie und Experiment werden durch die Simulation komplettiert. Dabei entsteht überall ein Bedarf an hoher Rechenleistung, der aufgrund der wachsenden Komplexität der Anwendungen rapide zunimmt. Dazu gehören die klassischen Anwendungsfelder, wie z. B. die Erforschung der mechanischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften von geordneten und ungeordneten Festkörpern in der Physik; die Berechnungen von quantenphysikalischen Phänomenen der Physik (Quantenchromodynamik, Quantenelektrodynamik, Eichtheorien und Gittereichtheorien); die Wenig-Teilchen Systeme; die Polymerphysik; die Simulation von Makromolekülen; die klassische und quantenmechanische Molekulardynamik in Physik und Chemie; die Fluidodynamik (CFD) aus den Bereichen der physikalischen Chemie, der Chemietechnik, des Maschinenbaus, der Geophysik und in weiterem Sinne der Meteorologie; die Mustererkennung und Experiment-simulation in der Elementarteilchenphysik. Daneben haben sich neue Anwendungsgebiete ergeben. Es sind numerisch ausgerichtete Arbeitsfelder, wie z.B. Mehrfeld-Probleme (Fluid-Struktur-Interaktion, thermo mechanische Kopplungen usw.); Simulation des Verhaltens in mechanischen und technischen Systemen und Prozessen; nichtlineare Berechnungen von Tragstrukturen; Algorithmische Zahlentheorie in der Mathematik; Prozessoptimierungen in Maschinenbau und Informatik; Teilchen- und Fluidsimulationen in der Plasmaphysik; nichtlineare Dynamik; Simulation von neuronalen Netzen in der Informatik und in ihre Anwendungen. In zunehmenden Maße kommen auch nichtnumerische Einsatzfelder wie z. B. Server für die Informationsverarbeitung (Bereitstellung, Aufbereitung, Archivierung), z. B. im Multimedia-Bereich; das Data-Mining; Hochleistungsgrafik und -digitalisierung hinzu.

Eine Forschungsförderung ist zentrale Aufgabe des Landes. Das Wechselspiel von Grundlagenforschung, angewandter Forschung und experimentellen Entwicklungen mit ökonomischen und ökologischen Erfordernissen stellt ein äußerst komplexes System dar. Dabei sind die verschiedenen berechtigten Interessen in ausgewogener Art und Weise zu wahren. Zur Zeit fokussiert sich

die Spitzenforschungsoffensive⁶ auf die Bereiche Biotechnologie und Life Sciences, Informations- und Kommunikationstechnologien, Materialwissenschaft und Produktionstechnik, nachhaltige Umwelt- und Energieforschung, Verkehrs- und Mobilitätsforschung sowie in der Intensivierung der geistes- und gesellschaftsbezogenen Forschung. Eine Anpassung an aktuelle Forschungsbedarfe wird allerdings grundsätzlich offengehalten.

4.3. Rechnerausstattung

Die Abdeckung des Rechenbedarfs in den Hochschulen orientiert sich an der *Rechnerpyramide* (Abb. 1).

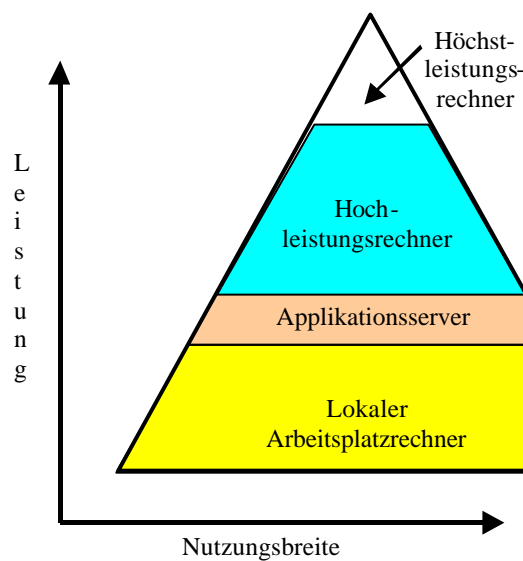


Abb. 1: Rechnerpyramide

Diese Darstellung entspricht dem Konzept der kooperativen Rechnerversorgung, das von der DFG anerkanntermaßen seit Jahren empfohlen wird [4, 5]. An dieser Stelle werden die Bereiche „Lokaler Arbeitsplatzrechner“ und „Applikationsserver“ nicht näher betrachtet. Ebenso werden keine Aussagen zur Beschaffung von CIP-Pools und WAP-Clustern⁷ getroffen.

In den Hochschulen des Landes ist kein Höchstleistungsrechner installiert. Die Nutzung solcher Kapazitäten erfolgt in den Bundeshöchstleistungsrechenzentren. Diese sind zur Zeit in NRW

⁶ Die „Offensive zukunftsorientierte Spitzenforschung“ hat zum Ziel, in ausgewählten strategischen Forschungsfeldern die Leistungsstärken der Forschung an nordrhein-westfälischen Hochschulen und der hier ansässigen Forschungseinrichtungen weiter auszubauen und die Clusterbildung und Vernetzung von Forschung in Hochschulen sowie zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Wirtschaft und Kultur zu fördern. Diese Offensive soll die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Forschung aus NRW stärken, den internationalen Austausch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern fördern und den wissenschaftlichen Nachwuchs im Kontext von Spitzenforschung qualifizieren (s. a. <http://www.mswf.nrw.de>).

⁷ CIP = Computer-Investitions-Programm; WAP = Vernetzte Arbeitsplatzrechner für Wissenschaftler;

(NIC, Jülich), Baden-Württemberg (HLRS, Stuttgart) und Bayern (HLRB, München) angesiedelt. Alle Bundeshöchstleistungsrechner werden auch von Wissenschaftlern aus NRW genutzt.

Über einen Hochleistungsrechner, der der im Kapitel 4.1 genannten Definition genügt, verfügt zur Zeit lediglich die RWTH Aachen. Die übrigen Hochschulen verfügen entweder über gar keine Rechner oberhalb der Ebene der Applikationsserver, wie z. B. die Fachhochschulen, oder die vorhandenen Systeme liegen in ihrer Leistung unterhalb der Schwelle eines Hochleistungsrechners, was vor allem für die restlichen Universitäten zutrifft. Weitere Details können aus der Tabelle 1 entnommen werden.

Auf der nationalen Ebene werden noch Hochleistungsrechner des MPI/IPP Garching, DWD Ofenbach, ZIB Berlin und Universität Karlsruhe genutzt.

Tabelle 1: Auswertung: Erhebung der vorhandenen Infrastruktur (Hoch- und Höchstleistungsrechner) an den Hochschulen des Landes NRW (Dez. 2001)

Hochschule	Hersteller, System und Gerätetyp	Besch. Jahr	Speicher [GB]	Leistung [Gflops]	Software
RWTH Aachen	Fujitsu Siemens, PC-Cluster	1998	8	26	eigene und kommerzielle
RWTH Aachen	SUN, Cluster	2001	384	691	eigene und kommerzielle
Uni Bielefeld	QSW, Quadrics QH2,	1995	1	13	eigene
Uni Bielefeld	HP, HP Exemplar V-Class,	2001	8	15	eigene und kommerzielle
Uni Bielefeld	QSW, APEmille,	2001	9	144	eigene
Uni Dortmund	IBM,	1996	51	34	eigene und kommerzielle
Uni Dortmund	AMD- basiertes PC-Cluster	2001	48	62	Eigene
Uni Düsseldorf	Fujitsu-Siemens, Cluster	2000	12	14	eigene und kommerzielle
Uni Düsseldorf	Silicon Graphics,	1996	13	16	eigene und kommerzielle
Uni Essen	IBM, Pseries 690 Regatta,	2002	8	35	Eigene
Uni Köln	Sun E10000	2000	20	27	eigene und kommerzielle
Uni Köln	SGI, Origin 2000	1999	16	38	eigene und kommerzielle
Uni Köln	Sun, ES6800, Cluster	1997 – 2000	32	53	eigene und kommerzielle
Uni Köln	Sun, E15000	2000	144	140	eigene und kommerzielle
Uni Münster	Eigenbau Intel	2001	48	17	eigene und kommerzielle
Uni Münster	Eigenbau Intel	2001	12	28	Eigene
Uni Münster	Eigenbau DEC	1998	8	30	Eigene
Uni Wuppertal	Compaq, ALiCE EV67	2000	32	157	Eigene und kommerzielle

Die heute eingesetzte kommerzielle Software rekrutiert sich im wesentlichen aus den Produktfamilien Gaussian, Marc, StarCD, Molpro, ADF, CFX und Mathematika. Zukünftig sehen die Betreiber für die o.a. Systeme insbesondere Anwendungsfelder aus der Biologie und Bioinformatik, Medizin, Geisteswissenschaften und Lebenswissenschaften so wie verstärkt den Ingenieurwissenschaften. Monte-Carlo Methoden, Clusterforschung unter LINUX und die Erforschung von Video-Streaming-Datenbanken gehören ebenso dazu.

Gemäß der Tabelle 1 stehen in 8 Hochschulen insgesamt 18 Systeme höherer Leistungsfähigkeit. Zusammen haben alle diese Systeme mehr als 850 GB Hauptspeicher und eine kumulierte Prozessorleistung von rd. 1500 GFlops. Ein System in der Mitte des Leistungsspektrums wartet mit etwa 14 GB Hauptspeicher und 32 GFlops Prozessorleistung auf. Im Ergebnis lässt sich festhal-

ten, dass mit wenigen Ausnahmen der von der DFG definierte Bereich der Hochleistungsrechner in den Hochschulen des Landes unzureichend realisiert ist.

4.4. Rahmenbedingungen

Eine IuK-Infrastruktur setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen, deren reibungsloses Zusammenspiel im Ergebnis eine hohe Leistungsfähigkeit erbringt. So charakterisiert die Kommission für Rechenanlagen der Deutschen Forschungsgemeinschaft in ihrem Entwurf zur „Informationsverarbeitung in Hochschulen“ [4] die Bereiche Netze, Rechner und Organisation als für die Informationsverarbeitung wichtig. Für die weitere Betrachtung wird diese Strukturierung übernommen. Nach der vorher beleuchteten Ausstattung mit Rechnern in den Hochschulen des Landes wird hier auf die Aspekte Netze und Organisation eingegangen.

4.4.1. Netzinfrastruktur

Bei der Netzinfrastruktur unterscheidet man einerseits zwischen der hochschulinternen Vernetzung, auch CAMPUS-Netz oder LAN⁸ genannt, und der Vernetzung zwischen den Hochschulen, auch WAN⁹ genannt.

Mit dem Memorandum "Campus Online – Aufbau lokaler Hochgeschwindigkeitsnetze in den Hochschulen des Landes", hat NRW als erstes Bundesland eine umfassende Bestandsaufnahme über die Vernetzung in den Hochschulen vorgelegt. Sie enthält neben der Analyse der bestehenden Infrastruktur auch Empfehlungen für den flächendeckenden und zukunftsorientierten Aus- und Umbau der lokalen Vernetzung der Hochschulen des Landes¹⁰.

Die interne Vernetzung ist in den letzten Jahren erheblich vorangeschritten. So lag Anfang 1998 der durchschnittliche Vernetzungsgrad in den Universitäten / Gesamthochschulen bei ca. 65 % und in den Fachhochschulen bei ca. 50 %. Aus den aktuellen Planungen wird für das Jahr 2003 ein durchschnittlicher Vernetzungsgrad von ca. 85 % in den Universitäten / Gesamthochschulen und von ca. 94 % in den Fachhochschulen prognostiziert. Damit zeichnet sich mittelfristig eine flächendeckende Vernetzung in den Universitäten und Fachhochschulen ab. Hierbei ist eine

⁸ LAN = Local Area Network;

⁹ WAN = Wide Area Network

technologisch bedingte notwendige Erneuerung der aktiven und eventuell passiven Komponenten nicht berücksichtigt.

Mit der kontinuierlichen Fortschreibung von „Campus Online“ erfolgt eine kritische Reflexion zur internen Vernetzung der Hochschulen des Landes. Die Planungen zielen auf eine Anhebung des Vernetzungsgrades auf nahezu 100 % an allen Hochschulen des Landes. Neben der flächendeckenden Vernetzung in den Hochschulen werden auch die Einführung von Hochgeschwindigkeitsnetzen und die Integration aller Kommunikationsnetze mitverfolgt. Somit werden neben der Förderung des Hoch- und Höchstleistungsrechnens u. a. auch Voraussetzungen für Multimedia-Anwendungen in Forschung, Lehre und Medizin auf breiter Ebene realisiert.

NRW sorgt seit Jahren für eine ausreichende Vernetzung der Hochschulen untereinander mit Anschluß zu internationalen und anderen nationalen Netzen. In einer konzertierten Aktion etablierte sich in NRW unter Aushandlung günstigster Rahmenbedingungen ab 1996 eine flächendeckende Breitbandvernetzung zwischen den Hochschulen des Landes, das NRWissWeb - Breitband-Wissenschaftsnetz. Es stellte den nordrhein-westfälischen Teil des deutschen Breitband-Wissenschaftsnetzes (B-WiN) dar, das vom Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes e.V. (DFN-Verein) angeboten wurde.

Für den WAN-Bereich stellt das Land den Hochschulen pro Jahr Mittel im Umfang von ca. 6,1 Mio. € zu Verfügung. Neben dieser finanziellen Förderung gibt es auch eine organisatorische. So ist für die Koordination der Netzplanung der Hochschulen im Auftrag des MSWF und der Hochschulen des Landes NRW an der Universität Essen eine Projektgruppe, die *Netzagentur NRW*, eingerichtet worden. Sie bearbeitet im Bereich der Sprach- und Datennetze alle Themen, die für die nordrhein-westfälischen Hochschulen von Belang sind. Dabei liegen die Schwerpunkte nicht im Bereich der praktischen Realisierung, sondern in den Gebieten Planung, Konzeption, Koordination, Betreuung und Beratung¹¹. Durch eine Bedarfsanalyse der *Netzagentur NRW* wurde 1999 eine Neuverteilung der Anschlußkapazitäten im WAN-Bereich vorgenommen und in der Summe Kosteneinsparungen in Höhe von 0,5 Mio. € erzielt.

Die Weiterentwicklung zu höheren Bandbreiten wurde in NRW mit der Förderung experimenteller Leitungen im Gigabit-Bereich initiiert und mit dem Anschluß an das Gigabit-Wissenschaftsnetz (G-WiN) etabliert, wobei wiederum der DFN-Verein als zur Zeit anerkannter Provider agiert. Das von ihm betriebene Wissenschaftsnetz realisiert, mit wenigen Ausnahmen, bun-

¹⁰ Die aktuelle Version ist verfügbar unter <http://www.netzagentur.nrw.de/extern/CampusOnlineVersion3.pdf>

¹¹ Die Arbeitsberichte der Netzagentur NRW findet man im Internet unter der Adresse <http://www.netzagentur.nrw.de>.

desweit die Vernetzung zwischen den Hochschulen. An den Experimenten und Planungen des DFN-Vereins zum Gigabit-Wissenschaftsnetz (G-WiN) hat sich NRW aktiv beteiligt.

4.4.2. Organisation

Der Aufbau und Betrieb der IuK-Infrastruktur in den Hochschulen kann sinnvoll nur zentral koordiniert erfolgen. Die darauf aufbauenden Informations- und Verarbeitungsdienste (IV-Dienste) dagegen können je nach Erfordernissen sowohl zentral als auch dezentral organisiert sein. Auf der dezentralen Ebene handelt es sich häufig um den Betrieb von dedizierten Ressourcen oder spezialisierte Benutzergruppen eines Fachbereiches bzw. Institutes. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die Rechenzentren als Dienstleister für die IuK-Infrastruktur und die zentralen IV-Dienste¹².

Die Anforderungen an die Rechenzentren als Dienstleister für die gesamte Hochschule steigen seit Jahren kontinuierlich an. Zum einen in qualitativer Hinsicht, da einige der Dienste für die Hochschulen von vitalem Interesse sind (z.B. Netzdienste, Verzeichnisdienste, u. a.) und eine entsprechend hohe Verfügbarkeit erforderlich ist, was eine starke Bindung von hochqualifiziertem Personal zur Folge hat. Daneben ergibt sich auch rein quantitativ ein steigender Umfang an benötigten Diensten in der Hochschule. Hierbei stoßen die Rechenzentren an die Grenzen ihrer Personalkapazitäten. Beide Entwicklungen führen dazu, dass in der Praxis einige Dienste nur mit geringerer Priorität "nebenbei" und insbesondere nur reagierend und nicht agierend angeboten werden können.

Eine Lösung durch eine Aufstockung der Personaldecke ist wegen der angespannten Finanzlage nicht möglich. Vielmehr muss nach Möglichkeiten gesucht werden durch Koordination und Kooperation die IT-Produktivität noch weiter zu steigern.

Durch ökonomische Arbeitsteilung im operativen Bereich zwischen den Hochschulen lässt sich ein Effizienzgewinn erzielen. Dies kann ein gegenseitiges Outsourcing in einem Verbund, eine Bündelung von Bedarf zum Erreichen einer kritischen Masse oder der Anschluss an schon existierende Dienste in einem Verbund bedeuten. Weiterhin werden Kompetenzverluste und Abhängigkeiten von kommerziell orientierten Providern vermieden. Ausdrücklich muss darauf hingewiesen werden, dass Personaleinsparungen aufgrund der auch dann noch bei den Rechenzentren verbleibenden Aufgaben hierdurch nicht ermöglicht werden.

¹² Bzgl. der Kompetenz- und Koordinierungsfunktion der Rechenzentren s. a. §30 Hochschulgesetz NRW (HG NRW).

Ein solcher Ansatz der Zusammenarbeit, im Sinne eines „Ressource- and Knowledge-Sharing“, ist im Rechnerverbund NRW (RV-NRW)¹³ realisiert bzw. gegenwärtig in der Umsetzung. Diese Initiative ist von den Rechenzentren in Aachen, Dortmund, Düsseldorf, Duisburg, Essen, Köln und Münster gestartet worden.

Für die Benutzer in den Hochschulen des Landes werden verschiedene lokale HPC-Ressourcen gegenseitig verfügbar gemacht, wodurch ein Zugriff auf unterschiedlichen Architekturen ermöglicht wird. Weitere Arbeitsfelder sind die verbundweite Bereitstellung von Datenbanken und die Zusammenarbeit im Bereich der zentralen Datensicherung und -archivierung. In diese Kooperation sollen auch dedizierte Systeme integriert werden, die speziell für eine Nutzergruppe beschafft worden sind und/oder fachspezifisch betrieben werden, wobei natürlich der Spezialcharakter erhalten bleibt. Bei steigendem Bedarf können weitere Spezialsysteme für andere Nutzergruppen des gleichen Fachgebietes an anderer Stelle installiert werden, wodurch Ausfallsicherheit hergestellt würde, oder eine Kapazitätsanpassung der bestehenden Systeme wird vorgenommen, sofern sich durch die Öffnung die Anzahl der Nutzer nennenswert erhöht.

¹³ S. a. <http://www.rv-nrw.de/>

5. Konzept zur mittel- und langfristigen Entwicklung des High Performance Computing in NRW

Das hier vorgelegte „Kooperative Versorgungskonzept für das Hoch- und Höchstleistungsrechnen in den Hochschulen des Landes“ ermöglicht den Hochschulen, ihre Investitionsplanung in diesem Segment der IuK-Infrastruktur auf eine gesicherte Planungsbasis zu stellen. Eine feste Mittelzusage kann im Vorfeld nicht erfolgen, da einerseits das entsprechende Antrags- und Begutachtungsverfahren des HBFVG abgeschlossen sein muss und andererseits das Ministerium an die Vorgaben des Haushaltsgesetzgebers gebunden ist. Allerdings führt der skizzierte Abstimmungsprozess dazu, dass ein fachlich positiv begutachteter und empfohlener Beschaffungsantrag mit hoher Wahrscheinlichkeit realisiert werden kann. Weiterhin versetzt es Hochschulen in die Lage durch das Partizipieren an einem Verbund Ressourcen nutzen, die eine Hochschule für sich alleine nicht oder nur unter großen Anstrengungen hätten beschaffen können.

Für die Knappheit der konsumtiven Mittel und der Personalmittel stellt die vorgelegte Konzeption keine Lösung dar. Sie bietet aber Instrumentarien und Wege, die vorhandenen Ressourcen ökonomischer zu nutzen. Dies gelingt vor allem durch die starke Präferenzierung des Verbund- bzw. Kooperationsgedankens.

5.1. Rechnerausstattung

Die Heterogenität der Rechnersysteme in den Hochschulen des Landes hat sich bewährt. Durch das kooperative Versorgungskonzept wird zukünftig eine ausgewogene Rechnervielfalt auf aktuellem technischen Niveau erhalten. Dabei soll die Beschaffung im Rahmen der skizzierten verstetigten Investitionsplanung erfolgen.

Für die Nutzung der Hoch- und Höchstleistungsrechner ist eine adäquate Ausstattung mit geeigneter Software auf allen Ebenen der Rechnerpyramide notwendig. Aus der Erhebung vom Dezember 2001 ergibt sich ein Portfolio von kommerzieller und eigenentwickelter Software, die zum Einsatz kommt. Für die kommerzielle Software wird die Beschaffung im Rahmen des HBFVG-Verfahrens angestrebt, wenn dies sinnvoll möglich ist. Dies bedeutet aus Landessicht den Erwerb von entsprechenden Landeslizenzen für die Hochschulen des Landes. Dazu ist die Nachfrage zu bündeln.

Die Eigenentwicklung von Software im Bereich des Hoch- und Höchstleistungsrechnens wird durch den nachfolgend beschriebenen Kompetenzverbund erleichtert bzw. gestützt. Damit gelingt es den Einsatz der vorhandenen personellen und finanziellen Ressourcen weiter zu optimieren.

5.1.1. Grundüberlegungen zur Investitionsplanung

Um die Versorgung der Hochschulen des Landes im Bereich des High Performance Computing zu sichern, ist es wichtig eine Investitionsstrategie mit planbaren Mittelflüssen vorzulegen. Für Beschaffung von Rechnern kommen mehrere Finanzquellen in Betracht.

Neben den Eigenmitteln der Hochschule, die sich im wesentlichen aus Investitions- und Schöpfungsmittel des Hochschulhaushaltes, sowie eingeworbenen Drittmittel und Spenden zusammensetzen, kommen zum einem Landesmittel im Rahmen des Hochschulbauförderungsgesetzes (HBFG) und von Landessonderprogrammen, zum andern Bundesmittel im Rahmen der Bundesmitfinanzierung des HBFG und von Förderprogrammen des Bundes, und zum dritten EU-Mittel im Rahmen von EU-Förderprogrammen prinzipiell in Frage.

Diese Aufzählung gibt, auch wenn sie unvollständig ist, eine prinzipielle Struktur wieder. So sind einerseits periodische Haushaltsmittel vorhanden, deren Verfügbarkeit relativ sicher ist, wobei die Höhe der Mittel sich verändern kann. Andererseits gibt es Mittel aus Förderprogrammen, die zeitlich und thematisch gebunden sind. Unter Berücksichtigung der Aspekte Planung und Nachhaltigkeit kommen für eine Investitionsplanung lediglich die periodischen Haushaltsmittel in Betracht. Somit kommen für eine Investitionsplanung im Rahmen der Versorgung der Hochschulen des Landes mit Hoch- und Höchstleistungsrechnern lediglich die Eigenmittel der Hochschulen und die Landesmittel¹⁴ für weitere Überlegungen in Frage.

Der Investitionsbedarf für Rechner der hier betrachteten Leistungsklassen beginnt bei ca. 0,5 Mio. € für einen Hochleistungsrechner und kann bis zu 100 Mio. € für einen Höchstleistungsrechner betragen.

Das Zentralinstitut für Angewandte Mathematik (ZAM) im Forschungszentrum Jülich betreibt als Teil des John von Neumann-Institut für Computing (NIC)¹⁵ einen Bundeshöchstleistungsrechner. Mit dem ZAM besteht aus Sicht der Hochschulen prinzipiell eine gute Zusammenarbeit, deren weiterer Ausbau beabsichtigt ist. Der ökonomische Umgang mit den vorhandenen Ressourcen des Landes erfordert es, unnötige Doppelentwicklungen und -investitionen zu vermeiden. Daher befürwortet NRW den Erhalt und den Ausbau des ZAM im Forschungszentrum Jülich als Bundeshöchstleistungsrechenzentrum. Die Installation eines zusätzlichen Bundeshöchstleistungsrechners in einer Hochschule des Landes NRW wird nicht angestrebt.

¹⁴ Die Bundesmittel im Rahmen der Bundesmitfinanzierung des HBFG sind hierin subsummiert.

¹⁵ Das NIC übernimmt die Funktionen und Aufgaben des 1987 eingerichteten Höchstleistungsrechenzentrums (HLRZ). Es ist eine gemeinschaftliche Gründung des Forschungszentrums Jülich und der Stiftung Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), s. a. <http://www.fz-juelich.de/nic/>.

Somit konzentrieren sich die folgenden Investitionsüberlegungen auf die Beschaffung von Hochleistungsrechnern. Deren Mittelbedarf kann eine Hochschule in der Regel nicht allein aus eigenen Mitteln decken. Hierfür ist der Investitionsbedarf zu hoch und die vorhandenen Hochschulmittel sind weitestgehend zu gering. Daher können die Eigenmittel der Hochschule allenfalls komplementär verwendet werden oder mehrere Hochschulen finanzieren gemeinsam eine entsprechende Beschaffung.

Hochleistungsrechner können im HBFVG-Verfahren beschafft werden, da sie prinzipiell als Großgeräte anerkannt sind und die Bagatellegrenzen des HBFVG überschreiten. In NRW werden die Mittel für die Beschaffung von Großgeräten im Rahmen des HBFVG zentral verwaltet. Diese ermöglicht eine flexible und bedarfsorientierte Disposition der Mittel, die sich bewährt hat¹⁶. Seit eh und je werden Sondertatbestände bei der Beschaffung von Großgeräten im Rahmen des HBFVG durch das Ministerium entsprechend gewürdigt. Dabei handelt es sich häufig um exorbitant hohe Beschaffungssummen bei Großgeräten, aber auch die Möglichkeit der landesweiten Nutzung eines Großgerätes wird berücksichtigt. So ist der neue Rechner der TH Aachen als Sondertatbestand aus dem Großgeräteetat finanziert worden. Für den Bereich der Datenverarbeitung werden z. Zt. ca. 1/3 der verfügbaren Großgeräte-Mittel des Landes verausgabt. Davon werden in den Hochschulen des Landes und Universitätsklinikum u. a. CIP- und WAP-Cluster, dedizierte Forschungsrechner und Hochleistungsrechner beschafft.

5.1.2. Investitionsmodell

Der Menge und Vielfalt der Hochschulen des Landes steht eine Knappheit der Ressourcen beim Land und den Hochschulen gegenüber. Unter Ressourcen sind Investitions- und Personalmittel, sowie konsumtive Mittel zu verstehen. Die Bereitstellung von investiven Mitteln wird häufig mit der Darstellung eines entsprechenden Bedarfes oder einer strategischen Bedeutung verbunden. Da es sich in der Regel um einmalige Ausgaben handelt, lassen sich in diesem Bereich jedoch verhältnismäßig gut Mittel zur Verfügung stellen - auch wenn es dabei mitunter zu einer zeitlichen Verzögerung oder einer Streckung kommt. Weitaus größere Problemfelder sind die konsumtiven und die Personalmittel. Beide werden aus den Globalhaushalten der Hochschulen bestritten. Im Rahmen der Finanzautonomie unterliegen sie der Bewirtschaftung durch die Hoch-

¹⁶ Der Bedarf in NRW übersteigt die verfügbaren Landesmittel ca. um den Faktor 2. Um eine möglichst große Zahl an Großgeräten beschaffen zu können, verbietet sich daher eine Dezentralisierung oder starre Pauschalierung der Mittel.

schulen und durch den Qualitätspakt sind sie von Kürzungen ausgenommen¹⁷. Allerdings ist auch nicht mit einer Erhöhung der Mittelansätze in den Hochschulhaushalten zu rechnen¹⁸.

Das wesentliche Element des kooperativen Versorgungskonzeptes für das Hoch- und Höchstleistungsrechnen ist eine verstetigte Investitionsplanung in Absprache mit den Hochschulen des Landes. Hierzu werden zunächst die geplanten Investitionen bzw. Reinvestitionen für einen Planungszeitraum, der in der Größenordnung von 1 – 2 Jahren liegen sollte, gesammelt und mit Prioritäten versehen. Die von den Hochschulen daraufhin eingereichten Beschaffungsanträge werden vom Ministerium unter Bezugnahme auf die Prioritätensetzung in das Begutachtungsverfahren gegeben. Nach einer entsprechenden positiven Begutachtung durch die DFG und der Empfehlung des Wissenschaftsrates werden die Anträge im Rahmen der haushaltsmäßigen Mittelverfügbarkeit entsprechend ihrer Prioritätenreihenfolge bedient. Zum Ende des jeweiligen Planungs- bzw. Realisierungszeitraumes werden den Hochschulen entsprechende Ergebnisberichte bekannt gegeben.

Grundsätzlich gibt es aber für die Hochschulen keinen Zwang zur Antragstellung und auch keinen Automatismus der Mittelbereitstellung. Allerdings erhalten die Hochschulen so die Möglichkeit, die Versorgung mit einer Komponente der Rechnerversorgungspyramide, nämlich dem Hochleistungsrechner, auf der Basis einer gesicherten Planung zu realisieren. Im Gegenzug erklären sich die Hochschulen bereit, Kapazitäten dieses Rechners auch anderen Hochschulen des Landes zur Nutzung freizugeben. NRW hat dazu mit dem RV-NRW einen geeigneten organisatorischen und technischen Rahmen. Damit erhalten auch Hochschulen mit geringerer personeller oder finanzieller Ausstattung die Möglichkeit, ihren Wissenschaftlern und Forschern entsprechende Rechenkapazität anbieten zu können. Mit Hilfe dieser dynamischen Planung wird es erreicht, den Erfordernissen der Hochschulen und des Landes gerecht zu werden.

Zur Umsetzung dieses Investitionsmodells bedarf es entsprechender Absprachen zwischen den Hochschulen und dem Ministerium. Hierzu werden die vorhandenen und bewährten kooperativen Strukturen der hochschulübergreifenden Koordinierung im IuK-Bereich genutzt. Dabei müssen die Terminvorgaben des HBFV-Verfahrens berücksichtigt werden. Das Modell der verstetigten Investitions- und Beschaffungsplanung stellt sich in einer chronologischen Abfolge prinzipiell wie folgt dar:

¹⁷ Mit Ausnahme des vereinbarten Abbaus von 2000 Personalstellen in den Universitäten und Fachhochschulen bis zum Jahre 2009. Details findet man im „Vertrag über den Qualitätspakt zwischen der Landesregierung und den Hochschulen des Landes“ (Qualitätspakt) vom 4.06.1999

- Der DV-Infrastrukturausschuss erarbeitet alle 2 Jahre eine strategische Konzeption, die u. a. die geplanten Investitionen/Reinvestitionen für die nächsten 2 Jahre enthält.
- Nach Abstimmung mit dem Ministerium wird den Hochschulen dieser Entwurf mitgeteilt.
- Danach reichen die Hochschulen für die Investitionsplanung des Folgejahres ihre entsprechenden Anträge ein. Im Regelfall soll dies bis zum 31.03. des laufenden Jahres erfolgen.
- Die Anträge werden vom Ministerium gesammelt, geprüft und mit Priorität an die DFG weitergeleitet.
- Sofern eine ausreichende Anzahl an Anträgen vorliegen, wird eine Prüfung im Rahmen einer Gutachtersitzung angestrebt. Wünschenswert wäre der Abschluß der Begutachtung bis zum 30.10. des laufenden Jahres.
- Sofern das Begutachtungsverfahren positiv abgeschlossen wird, kann dann die Beschaffung des Hochleistungsrechners im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben eingeleitet werden.
- Der DV-Infrastrukturausschuss wird über den Ausgang der Begutachtungsverfahren und der abgeschlossenen Beschaffungen einmal jährlich informiert.

5.2. Rahmenbedingungen

5.2.1. Netzinfrastruktur

Aus den Planungen der Hochschulen des Landes, die im Bericht „Campus Online“ regelmäßig dokumentiert werden, ergibt sich bis zum Jahre 2003 ein durchschnittlicher Vernetzungsgrad von 86 % in den Hochschulen (Fachhochschulen 94 % und Universitäten 85 %) bei einer Gesamtzahl von 73105 Räumen. Der weitere flächendeckende Ausbau der Netzinfrastruktur auf der LAN-Ebene erfolgt im Rahmen der üblichen Hochschulplanungen.

Für die Vernetzung zwischen den Hochschulen ist mit dem Gigabit-Wissenschaftsnetz ein hohes Niveau erreicht. Nach dem bisherigen Kenntnisstand wird dies entsprechend fortgeschrieben. Mit Hilfe der *Netzagentur NRW* werden die Interessen der Hochschulen auch bei der Weiterentwicklung des Wissenschaftsnetzes vertreten. Dazu gehören Fragen der Topologie, Leistungskonditionen und natürlich Finanzkonditionen (s. a. 4.4.1).

¹⁸ Mit Ausnahme des Innovationsfonds, der im Rahmen des Qualitätspakts eingerichtet wurde und der aus 1000 der abzubauenen Stellen finanziert wird.

5.2.2. Organisation

Komplementär zur verstetigten Investitionsplanung wird die möglichst breite Etablierung eines Ressourcen-Verbundes angestrebt. Der RV-NRW stellt hierfür die natürliche Ausgangsbasis dar, die weiter ausgebaut wird.

Für eine landesweite Ausgestaltung spielen neben dem High Performance Computing weitere Faktoren eine Rolle. Die Erarbeitung eines entsprechenden Arbeitsprogramms lässt sich wie folgt skizzieren:

- In einem ersten Schritt bewertet jede Hochschule die IuK-Infrastruktur und IV-Dienste im Hinblick darauf, welche Bereiche für sie von hohem vitalen oder strategischen Interesse sind und welche nicht.
- In einem zweiten Schritt werden diese Dienste danach charakterisiert, ob sie lokal unterstützt bzw. betrieben werden müssen oder ausgelagert werden können.
- Im dritten Schritt werden die Ergebnisse aller Hochschule zusammengetragen und daraus eine Kooperationsmatrix erstellt.

Aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtung der Hochschulen des Landes kann man davon ausgehen, dass für alle wesentlichen Bereiche mindestens eine Hochschule an der Erbringung des entsprechenden Dienstes interessiert ist und diesen in personeller und/oder finanzieller Hinsicht, z.B. durch Wartungsverträge, erkennbar unterstützt. Für Dienste die an mehreren Hochschulen erbracht werden, stellt ein Kompetenzverbund eine Steigerung der Effizienz (mind-sharing) und ggf. eine gegenseitige technische oder personelle Reservefunktion dar. Ziel ist es, die Dienste zwischen den teilnehmenden Hochschulen so zu verteilen, dass ein gegenseitiger Ausgleich erfolgt.

Für den Ressourcen-Verbund ergibt sich ein breites Anwendungsportfolio, das vom Betrieb von Rechnersystemen, über dedizierte Fachberatung, bis hin zur Betreuung von fachspezifischer Software reicht. So können größere Systeme/Ressourcen, die für eine spezialisierte Nutzerschaft an einer Hochschule zur Verfügung stehen und unter fachspezifischen Aspekten betrieben werden, ebenfalls in das Kompetenznetzwerk integriert werden. Somit werden diese Ressourcen auch anderen Forschern mit entsprechender Forschungsausrichtung zur Verfügung gestellt. Das Versorgungskonzept in einem Kompetenzverbund lässt sich in einer modifizierten *Rechnerpyramide* (Abb. 2) darstellen.

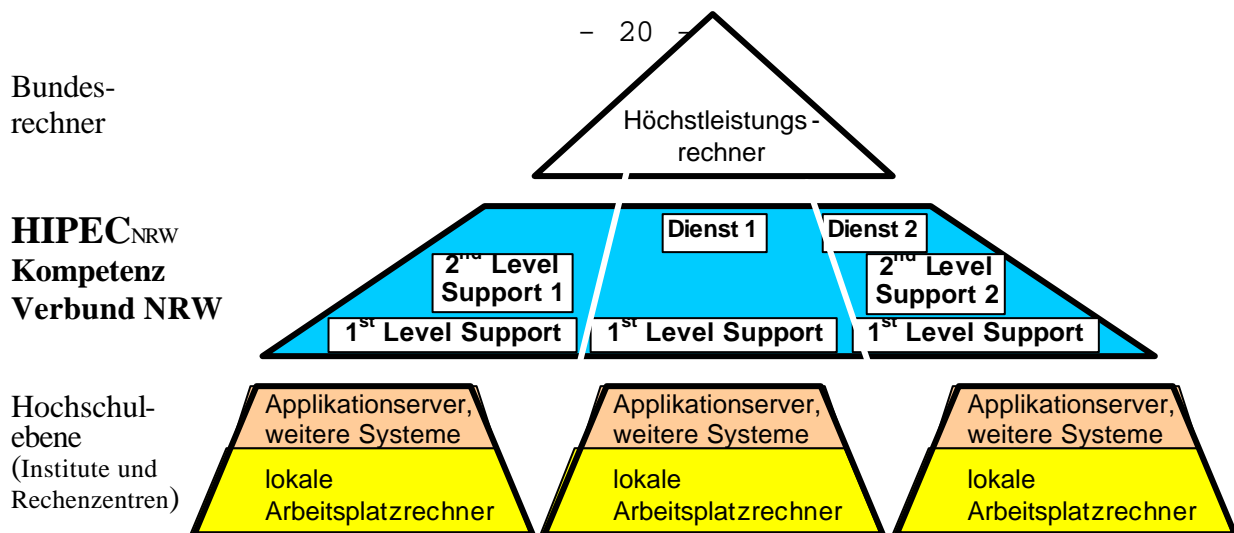


Abb. 2: Rechnerversorgungspyramide in einem Kompetenzverbund

Die verschiedenen über die normale Versorgung der Hochschulen hinausgehenden Dienste werden hierbei jeweils in einem oder mehreren Zentren konzentriert (Schwerpunktbildung, Synergieeffekte, kritische Massen) und als Dienstleistung im Verbund wechselseitig zur Verfügung gestellt. Auf der Basis der in NRW vorhandenen LAN- und WAN-Netzinfrastrukturen sowie der RV-NRW läßt sich dieses Konzept einer verteilten Erbringung von (HPC-)Diensten für die Nutzer transparent implementieren.

Organisatorisch muss eine hierarchische Betreuung/Beratung mit einer lokalen Ansprechstelle zur Lösung einfacher oder regelmäßig auftretender Probleme (1st-Level Support) den ersten Kontakt zum Benutzer sicherstellen und eine verteilte "Experteninstanz" für die Klärung nicht trivialer Probleme (2nd Level Support) zur Verfügung stehen. Technisch gesehen ist eine Virtualisierung der Beratung durch entsprechende Helpdesk-Systeme möglich, erfordert aber bei der Etablierung über mehrere Zentren organisatorischen Aufwand in der Startphase.

Ein Kompetenzverbund sollte neben einer Breitenversorgung gezielt Ressourcen für den oberen Bereich der Hochleistungsanwendungen zur Schließung der Lücke zwischen leistungsstarken Servern in den Hochschulen und den Höchstleistungsrechnern zur Verfügung stellen. Insbesondere ist zu überlegen, ob sich für diese Projekte eine in höherem Maße gesicherte Verfügbarkeit von Ressourcen realisieren lässt (z.B. durch ein - moderat aufwendiges - Antragswesen). Dies würde für potentielle Kandidaten den Übergang zu den Höchstleistungsrechnern vereinfachen, welche weiterhin zur Durchführung extremer Projekte genutzt werden sollen und müssen. Aufgrund der gegenwärtigen technischen Entwicklung ist, abgesehen von anwendungsspezifischen Hochleistungsrechnern, eine Konvergenz der Architekturen zu SMP-Clustern und Intel-basierten Linux-Clustern zu beobachten. Damit stehen in einem NRW-Verbund mit der möglichen Ausnahme eines Vektorrechners entsprechend kleinere Systeme zur Verfügung.

Literaturverzeichnis

1. ARNW: **Die Informations- und Kommunikationstechnische Infrastruktur und ihre mittelfristige Entwicklung an den Hochschulen des Landes NRW**; W. Brett (Düsseldorf), D. Haupt (Aachen), W. Held (Münster), B. Lix (Essen) und J. W. Münch (Siegen), Münster August 2000, (<http://www.arnw.de/docs.html>).
2. ARNW: **Hoch- und Höchstleistungsrechnerversorgung an Hochschulen im Lande NRW**, Statusbericht des Arbeitskreises der Leiter der Hochschulrechenzentren (ARNW) im Auftrag des Wissenschaftlichen Ausschusses des Landes (WAL), G. Schwichtenberg und H. Ziegler, Dortmund; W. Held und B. Neukäter; Münster April 1998 , Version 4, (<http://www.arnw.de/docs.html>).
3. ARNW: **Rechnerverbund NRW**; Arbeitsbericht über Planungsstand und Perspektiven, Chr. Bischof, Kl. Brühl, Th. Eifert, W. Held, J. Hölters, Br. Lix, Kl. Mertz, St. Ost, G. Schwichtenberg, B. Süselbeck und H. Ziegler, Januar 2001, (<http://www.arnw.de/docs.html>).
4. DFG: **Informationsverarbeitung an Hochschulen - Netze, Rechner und Organisation -** , Empfehlungen der Kommission für Rechenanlagen (KfR) der DFG, 2001-2005, Vorläufige Version Bonn 2001, (<http://www.dfg.de/foerder/hbfg/kapitel8.html>).
5. DFG: **Informationsverarbeitung und Rechner für Hochschulen 1996 bis 2000** , Empfehlungen der Kommission für Rechenanlagen, Bonn 1996, (<http://www.dfg.de/foerder/hbfg/kapitel8.html>).
6. Wissenschaftsrat: **Empfehlung zur künftigen Nutzung von Höchstleistungsrechnern**, 2000 Köln, Drs. 4558/00.