

Zur Ausstattung  
der Hochschulen in der  
Bundesrepublik Deutschland  
mit Datenverarbeitungskapazität  
für die Jahre 1992 bis 1995

Empfehlungen der  
Kommission für Rechenanlagen  
der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Herausgegeben von  
der Deutschen Forschungsgemeinschaft  
Bonn, Dezember 1991

# Vorwort

Die Bedeutung der Datenverarbeitung für Wissenschaft und Lehre muß heute nicht mehr hervorgehoben werden. Es stellt sich aber die Frage, auf welche Weise in den nächsten Jahren mit den vorhandenen und zu erwartenden finanziellen Mitteln eine DV-Versorgung an den Hochschulen gewährleistet werden kann, wie sie zum Erhalt und zum Ausbau des Leistungsniveaus unserer Hochschulen erforderlich ist. Eine Antwort wird hier von der Kommission für Rechenanlagen der Deutschen Forschungsgemeinschaft gegeben. Mit dem verteilten kooperativen Versorgungskonzept schlägt die Kommission bedeutende Änderungen in der Struktur der DV-Versorgung vor. Ich empfehle allen, die sich mit der Finanzierung und der strukturellen Gestaltung der Hochschulen befassen, diese grundlegenden Vorschläge anzunehmen.

Prof. Dr. Hubert Markl  
Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

# Inhalt

	Vorwort
	Einleitung
	Allgemeine Voraussetzungen
1	Die Anforderungen an die Versorgung mit Datenverarbeitungskapazität
1.1	Die Aufgabe des Versorgungssystems
1.2	Die benötigten Arten der Datenverarbeitungsleistung
1.3	Versorgungsqualität
1.4	Wissenschaftliche und betriebliche Datenverarbeitung
2	Stand der Technik und wichtige Trends
2.1	Allgemeine Trends
2.2	Technologische Entwicklungen
2.3	Rechnerarchitekturen
2.4	Rechner- und Kommunikationsnetze
2.5	Systembetrieb und -management
2.6	Folgerungen
II	Forschung und Lehre
3	Bedarf und Versorgungsstand in Forschung und Lehre
3.1	Der Bedarf in Forschung und Lehre
3.2	Stand der Versorgung von Forschung und Lehre mit Rechenkapazität
3.3	Funktionelle Leistungsmerkmale
3.4	Versorgungsqualität
4	Das künftige Versorgungskonzept
4.1	Kooperative Rechnerversorgung
4.2	Betriebs- und Anwendungssoftware
4.3	Höchstleistungsrechner
4.4	Zentrale Server und zentrale Geräte
4.5	Lokale Server und Arbeitsplatzrechner
4.6	Netze
4.7	Heimarbeitplätze
4.8	Organisatorische Struktur
5	Die künftigen Aufgaben des Hochschulrechenzentrums
5.1	Die Grundaufgaben des Hochschulrechenzentrums
5.2	Der Betrieb der zentralen Rechnerressourcen
5.3	Betrieb des hochschulweiten Netzes
5.4	Das Kompetenzzentrum
5.5	Unterstützung der Hochschulleitung bei Planung, Standardisierung und Koordination
5.6	Zusammenarbeit der Hochschulrechenzentren

III	Betriebliche DV-Systeme in der Hochschule
6	Bibliotheken
6.1	Der Bedarf
6.2	Stand der Versorgung
6.3	Die künftige Versorgung
7	Medizinische Versorgung
7.1	Der Bedarf
7.2	Stand der Versorgung
7.3	Die künftige Versorgung
8	Hochschulverwaltung
8.1	Der Bedarf
8.2	Stand der Versorgung
8.3	Die künftige Versorgung
IV	Zusammenfassung
9	Empfehlungen
Anhang:	Verzeichnis wichtiger Begriffe und Abkürzungen

# Einleitung

Diese Empfehlungen zur Ausstattung der Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland mit Datenverarbeitungskapazität wurden in einer Situation verfaßt, die sich von der Ausgangslage der früheren Empfehlungen in zweierlei Hinsicht unterscheidet: Zum einen zwingt die dramatische Leistungssteigerung der Rechner, die grundlegenden Versorgungskonzepte für die Hochschulen zu überdenken, zum anderen sind bei Bedarfsschätzungen auch die Anforderungen der Hochschulen in den neuen Bundesländern zu berücksichtigen. Diese zeichnen sich heute noch nicht mit der Klarheit ab, die für Prognosen erforderlich ist.

Die Kommission hat sich daher entschlossen, zunächst die Konzepte für die künftige Struktur der Rechnerversorgung darzustellen. Ein Nachtrag, der in einigen Monaten erscheinen wird, soll die Angaben zu dem erwarteten Investitionsbedarf und Hinweise zur Antragsgestaltung enthalten.

Die Empfehlungen gelten in gleicher Weise für Wissenschaftliche Hochschulen, Fachhochschulen und andere Hochschulen entsprechend ihren Aufgabenprofilen.

# I Allgemeine Voraussetzungen

## 1 Die Anforderungen an die Versorgung mit Datenverarbeitungskapazität

### 1.1 Die Aufgabe des Versorgungssystems

Das DV-Versorgungssystem der Hochschulen muß den Bedarf decken, der sich aus den Anforderungen aller Bereiche von Forschung und Lehre sowie der betrieblichen Abläufe in Bibliothek, Klinikum und Verwaltung ergibt. Die Anforderungen betreffen

- maschinelle Leistungen, d.h. Leistungen, die von Hardware, Software oder Netzwerken erbracht werden, und
- personelle Leistungen, d.h. Dienste im Zusammenhang mit Beschaffung, Installation, Betrieb und Nutzung von Hardware, Software und Netzen.

### 1.2 Die benötigten Arten der Datenverarbeitungsleistung

Moderne Datenverarbeitungssysteme stellen dem Anwender eine Vielfalt verschiedener Leistungen bereit. Diese lassen sich nach ihrer Funktion in folgende Kategorien einteilen:

- Berechnungen:  
Aufgaben numerisch orientierter Datenverarbeitung. Anwendungen z.B. in naturwissenschaftlicher oder technischer Analyse, Modellierung, Simulation und Prognose.
- Informationsspeicherung und -verwaltung:  
Speichernde, archivierende, strukturierende und verwaltende Funktionen für Informationsbestände auf digitalen Speichermedien. Anwendungen in Datenbanken, Informationssystemen, Datenarchiven, Datensicherung.
- Mensch-Maschine-Kommunikation:  
Unterstützung der Mensch-Rechner-Kommunikation bei Ein- und Ausgabe in alphanumerischer, graphischer und auch sprachlicher und taktile Form. Anwendungen: Textein- und -ausgabe, graphische Nutzeroberflächen, insbesondere auch modulare und parametrisierbare Visualisierung und Animation, Spracheingabe und -interpretation.
- Rechner-Rechner-Kommunikation:  
Übermittlung von Daten zwischen Benutzern oder Systemstandorten, Nutzung von Systemfunktionen an entfernten Standorten. Anwendungen in Form verschiedener Dienste: Electronic mail (E-mail, Nachrichtenaustausch in Texten), Zugriff zu Datenbanken und Archiven, Nachrichtenaustausch von Massendaten durch File-Transfer, multimediale Kommunikation auch über Audio- und Videoinhalte, Adreßbuchdienste.
- Prozeßsteuerung:  
Beobachtung, Überwachung und Steuerung von Prozessen. Anwendungen: Automation, Robotik, Meß- und Regelungstechnik, Realzeitsysteme.
- Textverarbeitung:  
Erfassen, Verändern, Auswerten, Verwalten und Archivieren textlicher Information, zum Teil in Verbindung mit Graphik. Anwendungen: Textsysteme, Publikationssysteme, Dokumentverarbeitung.

### 1.3 Versorgungsqualität

Der Anwender bewertet die Qualität der angebotenen Leistung von Datenverarbeitungssystemen im wesentlichen nach folgenden Merkmalen:

- Zugänglichkeit:  
Einfachheit des Zugangs, liberale Regelungen hinsichtlich Ort und Zeit, Zugriff insbesondere vom Arbeitsplatz aus.
- Antwortverhalten:  
Gewährleistung angemessen kurzer Reaktionszeit der Datenverarbeitungssysteme durch ausreichende Kapazität aller Systemkomponenten.
- Benutzerfreundlichkeit:  
Benutzergerechte, aufgabengemäße Benutzerführung durch das System.
- Verfügbarkeit:  
Technische Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit der Systeme und Dienste.
- Aufgabenbezogenheit:  
Effizienz des Arbeitens durch fachspezifische Funktionalität.
- Betreuung:  
Verfügbarkeit von Anwenderberatung und Systemservice.
- Kommunikationsfähigkeit und Systemoffenheit:  
Möglichkeit der Kooperation mit anderen Anwendern auch an anderen Standorten und damit des Zugriffs auf weltweit verfügbare Ressourcen. Durchlässigkeit der Systemfunktionen beim Zusammenwirken mit anderen Systemen in heterogenen Umgebungen.
- Sicherheit für Daten und Programme:  
Schutz der Daten und Programme gegen unberechtigten Zugriff und gegen Zerstörung.

### 1.4 Wissenschaftliche und betriebliche Datenverarbeitung

Die Datenverarbeitung in Forschung und Lehre und die Datenverarbeitung zur Unterstützung der betrieblichen Abläufe in Bibliothek, Klinikum und Verwaltung sind in der Struktur ihrer Aufgabe und der Durchführung sehr verschieden. Sie werden deshalb im folgenden getrennt nacheinander behandelt.

## 2 Stand der Technik und wichtige Trends

### 2.1 Allgemeine Trends

Umfang und Qualität des Einsatzes von Rechenanlagen sind in entscheidendem Maße von den technischen Fähigkeiten dieser Anlagen abhängig. Die in den letzten Jahrzehnten feststellbare hohe Innovationsgeschwindigkeit hat sich stark vergrößert und zu sehr leistungsfähigen Systemen geführt. Ein Ende dieser Entwicklung ist gegenwärtig nicht absehbar. Die immer engere Verschmelzung von Rechentechnik und Kommunikationstechnik führt nicht nur zu außerordentlich leistungsfähigen verteilten Datenverarbeitungssystemen, sondern eröffnet auch neue Anwendungsbereiche wie etwa die interaktive Problemlösung mittels visualisierter Ergebnisdarstellung.

## 2.2 Technologische Entwicklungen

Die derzeitige Prozessor- und Speichertechnik basiert auf einer Silizium-Halbleitertechnik, mit der 100000 bis 1 Million Transistorfunktionen auf einem Chip realisiert werden. Die erreichbaren Schaltfrequenzen liegen bei 5 bis 10 GHz (ECL). Weitere Fortschritte in der Integrationsdichte sind durch Einsatz höher auflösender Verfahren ( $< 1\mu\text{m}$ ), Kombination von CMOS und ECL (BICMOS) und der GaAS-Technologie für ultraschnelle Prozessoren zu erwarten. In der Massenspeichertechnik werden zukünftig verstärkt optische Speichermedien zum Einsatz kommen.

Die Übertragungstechnik hoher Bandbreiten wird derzeit durch Lichtwellenleiter geprägt. Weitere Fortschritte sind hinsichtlich der Übertragungsraten (bis zu 10 Gbit/s) und der Verstärkerabstände (mehrere 100 km) zu erwarten. Im Nahbereich werden sich wahrscheinlich auch sehr billige Plastikfasern für den kostengünstigen Anschluß einzelner Endeinrichtungen etablieren. In der Displaytechnik ist zu erwarten, daß hochauflösende CRT-Bildschirme zukünftig mehr und mehr durch flüssigkristall- und halbleiterbasierte Techniken abgelöst werden.

## 2.3 Rechnerarchitekturen

Die Leistungssteigerung in der Rechnertechnik ist außer von den vorgenannten technologischen Fortschritten ganz wesentlich von Änderungen in der Architektur und Organisationsform geprägt. Innerhalb des letzten Jahrzehnts sind neben die bislang vorherrschenden CISC-Prozessoren RISC-Prozessoren in unterschiedlichen Ausprägungen getreten. Effiziente Verarbeitungsprinzipien (Load-Store-Architekturen, Pipelining, Befehls- und Daten-Caching, Numerik-Koprozessoren) in Verbindung mit optimierenden Compilern haben die Mikroprogramm-Ebene überflüssig gemacht. Typische Leistungsdaten derartiger Prozessoren liegen zwischen 25 und 100 MIPS bei 25 MHz Systemtakt. RISC-Prozessoren finden vor allem Einsatz in Workstations. Die weitere Entwicklung läßt demnächst Workstation-Leistungen von 500 bis 1000 MIPS erwarten.

Parallel zu dieser Entwicklung werden auch weiterhin Höchstleistungsrechner eine Rolle spielen, und zwar in Form von Vektorrechnern und parallelen Systemen. Vektorrechner sind heute als Superworkstation oder Supercomputer im Einsatz, vorwiegend für rechenzeitintensive Anwendungen. Es ist zu erwarten, daß ein Teil dieser Anwendungen von massiv-parallelen Systemen übernommen wird. Der Einsatz von Prozessoren mit zusätzlicher hoher Kommunikationsleistung sowie zunehmender Intelligenz in den Verbindungsnetzwerken ermöglicht außerordentlich leistungsfähige Architekturen, welche die Basis für eine neue Generation von Supercomputern bilden.

Der in der Vergangenheit dominierende klassische Universalrechner (Mainframe) wird im Lichte der vorgenannten Entwicklungen weiter an Bedeutung verlieren. Seine Verarbeitungs- und Speicherfunktionen werden zunehmend von lokalen und zentralen Compute- und File-Servern in verteilten Versorgungskonzepten wahrgenommen. Grundlage dieser Konzepte sind Rechner- und Kommunikationsnetze.

## 2.4 Rechner- und Kommunikationsnetze

Rechnernetze haben in den vergangenen Jahren in starkem Maße Eingang gefunden, und zwar als sog. PC-Netze zur Vernetzung von Personal Computern, als lokale Rechnernetze (LAN) zur gebäudeinternen Vernetzung auf Instituts- oder Bereichsebene sowie als Campus-Backbone zum Anschluß dieser LANs an die zentralen Rechner der Hochschulrechenzentren. Die typischen Übertragungsraten liegen im Bereich von 1 bis 10 Mbit/s (PC-Netze, LANs) sowie zwischen 10 und 140 Mbit/s (Backbone). Die Netze sind entweder in Form von Bussystemen auf Basis des CSMA/CD oder von Ringsystemen (Token-Ring, z.B. bei FDDI) realisiert. Die Verbindung dieser Teilnetze erfolgt durch Netzkoppeleinrichtungen (Bridges, Router, Gateways).

Im Gegensatz zu den relativ schnellen Netzen im hochschulinternen Bereich stellt die geringe Übertragungsrate der Paket-Weitverkehrsnetze (X.25) oder des sich im Aufbau befindlichen (Schmalband)-ISDN mit maximal 64 Kbit/s einen wesentlichen Engpaß für die Vernetzung auf Landes- oder Bundesebene dar. Höhere Übertragungsraten sind im neuen Wissenschaftsnetz WIN (2 Mbit/s) oder auf der Basis des Vorläufer-Breitbandnetzes (VBN) geplant oder befinden sich im experimentellen Stadium.

Die weitere Entwicklung der Netztechnik ist durch den Stand der Forschung und die Netzplanungen vorgezeichnet. Hochgeschwindigkeits-LANs mit typischerweise 140 Mbit/s (FDDI) werden die Funktion der Campus-Backbones wahrnehmen, aber auch vereinzelt bereits auf Bereichsebene zur Vernetzung von Compute-Servern und Workstations mit Hochleistungs-Graphik Eingang finden. Ihr Bedarf ist qualitativ durch Einzelanwendungen (schneller File-Transfer, Visualisierung durch Bewegtbildübermittlung) und quantitativ durch das gesteigerte Verkehrsaufkommen bedingt. Noch höhere Übertragungsraten bis zu 1 Gbit/s und darüber sind erforderlich für die rechenzentrumsinterne Vernetzung von Supercomputern, Massen-File-Servern, Bilddatenspeichern und Netzkoppeleinrichtungen zu externen Hochgeschwindigkeitsnetzen mittels Hochgeschwindigkeits-Lokalnetzen (HSLAN). Campusübergreifend zeichnen sich Hochgeschwindigkeitsnetze in Form von Metropolitan Area Networks (MAN) auf der Basis des sich stabilisierenden Standards DQDB oder in Form des Breitband-ISDN auf Basis des Asynchronen Transfermodus (ATM) ab. Diese Netze arbeiten typischerweise bei 150 Mbit/s bzw. 600 Mbit/s; prototypische Netze sind aber bereits bei 1,2 Gbit/s in Erprobung. Sie sind nicht als reine Rechnernetze geplant, sondern dienen der Integration aller Dienste für Daten, Audio- und Videoanwendungen. Sie erlauben ferner die Einrichtung virtueller Privatnetze, welche eine wesentlich günstigere Gebührenstruktur aufweisen sollten, als dies heute in Form von Miet- oder Wählleitungen der Fall ist.

## 2.5 Systembetrieb und -management

Die ständig zunehmende Komplexität und Vielfalt der Systeme und Netze erschwert die Zusammenarbeit. Herstellerspezifische Lösungen werden deshalb immer häufiger durch international standardisierte oder weit verbreitete und von vielen Herstellern unterstützte Quasi-Standard-Produkte verdrängt. Die Entwicklung weist eindeutig den Weg zu offenen, heterogenen Systemen, sowohl in der Kommunikationstechnik (Open Systems Interconnection, OSI) als auch in der Datenverarbeitungstechnik (Open Distributed Processing, ODP).

Im Bereich der Betriebssysteme setzt sich immer mehr das von vielen Herstellern unterstützte offene System UNIX durch. Allgemeine und spezielle Anwendungen werden von genormten Diensten unterstützt, welche nach dem Client/Server-Prinzip aufgebaut sind (Transaction Processing, Remote Procedure Call, Virtual Terminal, X-Windows, File-Transfer und Access Management, Message Handling System u.a.m.).

Mit der Vernetzung einer großen Anzahl heterogener Systeme wächst der Bedarf nach ihrer Verwaltung. Dieses Netzmanagement erstreckt sich auf Fragen der Systemkonfiguration, der Fehlererkennung und -behebung, der Sicherung von Daten gegen unbefugten Zugriff oder Mißbrauch, der Beobachtung und Sicherstellung der Systemleistung sowie der Leistungsabrechnung. Protokolle für dieses Netzmanagement sind ebenfalls Gegenstand der internationalen Normung und werden sich voraussichtlich in den nächsten Jahren durchsetzen.

## 2.6 Folgerungen

Aus diesen kurzen Feststellungen zum Stand der Technik und den erkennbaren Trends können Schlußfolgerungen abgeleitet werden, die als Richtschnur für die Empfehlungen zur künftigen Rechnerinfrastruktur zu dienen vermögen:

- Die dezentral in Form von Workstations verfügbare Rechenkapazität (Prozessorleistung und Speicherkapazität) wächst unvermindert und verschiebt weiterhin die Preis-Leistungs-Relation zugunsten verteilter Lösungen.
- Zentrale Server werden in Form von Supercomputern, massiv parallelen Rechnern und File-Servern hoher Kapazität benötigt und den Benutzern über Netzzugang gemeinsam zur Verfügung gestellt. Zentrale Server müssen nicht notwendigerweise auch an einem zentralen Ort aufgestellt sein. Die Aufgaben klassischer Universalrechner verlieren dagegen an allgemeiner Bedeutung.
- Basis eines abgestuften, mehrschichtigen Versorgungskonzeptes ist ein Kommunikationsnetz, bestehend aus LAN, Campus-Backbone und HSLAN. Das Hochschulnetz ist an Weitverkehrsnetze (Paketnetze nach X.25, WIN, ISDN, später MAN und B-ISDN) angeschlossen, welche die Verbindung von Hochschulnetzen untereinander, den Zugang zu Datenbanken und den Zugang von Heimarbeitsplätzen aus ermöglichen.
- Anwendungsorientierte Aufgaben werden arbeitsteilig auf dezentralen Workstations, zentralen Compute/File-Servern oder externen Rechnern gelöst. Höchstleistungsrechner und graphische Workstations ermöglichen neue Anwendungsformen wie interaktive Bearbeitung mit On-line-Visualisierung, Multimedia-Kommunikation, verteilte Verarbeitung oder rechnerunterstützte Teamarbeit.
- Bei Betriebs-, Anwendungs- und Management-Software setzen sich zunehmend international standardisierte Produkte durch, welche offene heterogene Systeme unterstützen.

## II Forschung und Lehre

### 3 Bedarf und Versorgungsstand in Forschung und Lehre

#### 3.1 Der Bedarf in Forschung und Lehre

Zum Bedarf und zum Stand der Versorgung der Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland mit Datenverarbeitungskapazität werden hier nur qualitative Aussagen gemacht. Sie gründen sich nicht auf eine umfassende Erhebung, sondern auf die zahlreichen Stichproben, die der Kommission bei ihrer Begutachtung vieler Hunderter von Anträgen zur Kenntnis gelangen.

Der Bedarf für die Forschung entwickelt sich im gesamten Hochschulbereich nach Qualität und Quantität stetig weiter nach oben. Er folgt damit aus guten Sachgründen und aus den Zwängen des internationalen Wettbewerbs heraus stets unmittelbar den Fortschritten, die die technische Innovation bei den Leistungen von DV-Systemen ermöglicht. Der Bedarf für die Forschung setzt damit an den Hochschulen auch den Trend für die allgemeine Weiterentwicklung in der Versorgung mit DV-Leistungen.

Die Akzeptanz des Rechners als Arbeitsmittel nimmt in allen Wissenschaftsbereichen zu. Daher ebnen sich allmählich frühere Unterschiede im Bedarf ein, jedenfalls für Systeme am Arbeitsplatz. Es bestehen zwar auch weiterhin Unterschiede im Bedarfsvolumen zwischen den Wissenschaftsbereichen, die Unterschiede im Bedarfsprofil drücken sich jedoch vor allem im Softwarebedarf, weit weniger in Anforderungen an die Organisation der Versorgung aus, so daß sich für die Versorgungsstruktur in der Forschung überall ähnliche Konzepte entwickeln lassen.

Der Bedarf für die Lehre kann untergliedert werden in Ressourcenbedarf zur Vermittlung von Grundkenntnissen und zur Aneignung vertieften Fachwissens. Die Vermittlung von Grundkenntnissen wird heute in fast allen Studienfächern angeboten und erfolgt überwiegend im Grundstudium. Die Aneignung vertieften Fachwissens geschieht überwiegend während des Hauptstudiums, und zwar mit fachspezifischer oder informationstechnischer Orientierung. Darüber hinaus entsteht in manchen Fächern ein erheblicher Ressourcenbedarf für Studenten im Aufbaustudium und für Doktoranden, der noch stärker als im Hauptstudium fachspezifisch orientiert ist.

Allgemein gilt, daß Breitenarbeit und Vermittlung von Grundkenntnissen an Anfänger zwar von relativ einfachen Systemen, etwa auf PC-Niveau, bewältigt werden können, daß sich die Ausbildung in fachlichen Belangen jedoch mit fortschreitendem Studium immer mehr auf aktuelle, praxisübliche Systeme verlagern muß, wie sie z.T. auch als Werkzeuge in der Forschung eingesetzt werden. Die Anforderungen an die Funktionalität der Systeme für die Lehre und der für die Forschung sind deshalb nur in einigen Teilbereichen wesentlich verschieden.

#### 3.2 Stand der Versorgung von Forschung und Lehre mit Rechenkapazität

Für den erreichten Stand der Versorgung von Forschung und Lehre mit Rechenkapazität können ebenfalls nur qualitative Angaben gemacht werden. Zu der Versorgung tragen neben dem HBFÜG-Programm auch Beschaffungen bei, die nur aus Hochschulmitteln und aus Drittmitteln stammen und die in ihrer Gesamtheit statistisch kaum erfaßbar sind. Es kann auch nicht versucht werden, die sehr heterogene Landschaft im einzelnen zu beschreiben.

Allgemein ist zu beobachten, daß einem überall steigenden Bedarf ein sehr unterschiedlicher Grad der Versorgung gegenübersteht. Für einzelne Bereiche der Versorgung mit Rechnern wurden von der Kommission für Rechenanlagen in ihren Empfehlungen für 1988 bis 1991 Planzahlen genannt, die sich zwar an internationalen Standards der Ausstattung orientierten, jedoch ihnen gegenüber bereits

Abstriche enthielten. Für die alten Bundesländer wird die tatsächliche Erfüllung dieses Programms im folgenden mit den Planzahlen verglichen. Die insgesamt vorhandene Versorgung läßt sich nur exemplarisch skizzieren.

Für die Versorgung mit Höchstleistungs- und Universalrechnern, die in aller Regel in Rechenzentren stehen, wurde der empfohlene Plan ungefähr erfüllt. Der Stand der Versorgung wird im Mittel als befriedigend bis gut betrachtet. Technisch erfolgt die Versorgung mit Universalrechnerleistung zunehmend durch vernetzte Workstations.

Für Bereichs-Server und Spezialsysteme in den Ingenieur- und Naturwissenschaften einschließlich der zentralen Rechner in Fachhochschulen konnten nur ca. 75 % des empfohlenen Plans in Beschaffungen umgesetzt werden. Dieser Versorgungsaspekt ist aber fortan auch vor dem Hintergrund der Versorgung mit wissenschaftlichen Arbeitsplatzrechnern zu sehen.

Die Versorgung der Wissenschaftler mit Arbeitsplatzrechnern (WAP) zeigt dort, wo die Beschaffungen bereits angelaufen sind, erste überaus positive Auswirkungen. Die dezentrale Versorgung mit WAP-Rechnern weist jedoch noch große Lücken auf. Zahlreiche Bundesländer haben noch keine WAP-Anmeldungen vorgelegt. Die Fachhochschulen nutzen bis jetzt nur vereinzelt die Möglichkeit, WAP-Rechner zur Ausstattung ihrer Lehrkräfte zu beantragen. Die Kommission für Rechenanlagen hält die große Lücke zwischen Bedarf und Erfüllung für verhängnisvoll und empfiehlt dringend, den Ausbau der dezentralen Versorgung zu beschleunigen.

Das Computer-Investitions-Programm (CIP) hat die Zielsetzung, die Studenten an Computern auszubilden. Das Programm wurde 1985 eingerichtet. Es war zunächst auf vier Jahre befristet. Sein eindrucksvoller Erfolg, seine überaus positiven Wirkungen und seine große Bedeutung für die Hochschulen haben 1990 zu einer unbegrenzten Verlängerung geführt. Damit ist CIP die Basis für die DV-Versorgung im Bereich der Lehre geworden. Das Programm hat die Hochschulen bei DV-Geräten im Bereich der Lehre im allgemeinen bereits auf einen guten Stand gebracht.

Der Schwerpunkt der Beschaffungen lag in den ersten Jahren bei Geräten für die fachneutrale Grundausbildung. Jetzt hat sich der Bedarf in Richtung leistungsfähiger Geräte für die fachspezifische Ausbildung verschoben. Hinzu kommen jetzt verstärkt Ersatzbeschaffungen für Rechner, die am Anfang des CIP beschafft wurden und nun das Ende ihrer nutzbaren Lebensdauer erreicht haben.

Trotz des insgesamt sehr guten Ergebnisses von CIP ist festzustellen, daß die für 1988 bis 1991 empfohlenen Planzahlen nicht vollständig in Beschaffungen umgesetzt werden konnten und daß die für die Grundausbildung empfohlene Relation von einem Arbeitsplatz auf 15 Studenten in der Fläche bei weitem noch nicht erreicht ist.

Der aktuelle Stand der dezentralen Versorgung insgesamt unterscheidet sich in den einzelnen Hochschulen oder in den einzelnen Fakultäten erheblich voneinander. Es gibt Lehrstühle, Fakultäten und sogar ganze Hochschulen, deren wissenschaftliches Personal weitgehend Zugang zu Workstations oder zu leistungsfähigen vernetzten PCs hat, und in denen die Studenten je nach Fachrichtung und Studienphase mit einer Relation Arbeitsplatz/Student von 1:15 bis 1:7 versorgt sind. Beschaffungen dienen dort der Erneuerung und der Anpassung an den technologischen Fortschritt. Dieser hohe Stand der Versorgung ist aber eher die Ausnahme und gilt nicht für den breiten Durchschnitt. Es gibt naturwissenschaftliche Fakultäten, deren Versorgung vor Ort oberhalb der einfachen PCs endet, und es gibt Massenfächer, wie z.B. die Wirtschaftswissenschaften, deren Studenten im Grundstudium nur mit einer Relation Arbeitsplatz/Student von 1:100 oder weniger versorgt werden.

### 3.3 Funktionelle Leistungsmerkmale

Zu einem wesentlichen Leistungsmerkmal hat sich in den letzten Jahren die Fähigkeit zur Kommunikation zwischen Rechnern entwickelt. In vielen Fachbereichen wurden LANs bereits verlegt und in Betrieb genommen. Trotzdem ist meist noch keine Flächendeckung erreicht. Die LANs der Fachbereiche wurden meist koordiniert durch die Hochschulrechenzentren zu einem hochschulweiten Netz verbunden und der Zugang zu dem deutschen Wissenschaftsnetz WIN hergestellt. Damit kann zwischen Rechnern sowohl innerhalb einer Hochschule als auch weltweit kommuniziert werden.

Hochgeschwindigkeitsnetze auf der Basis von FDDI-Technologie werden als Backbone für eine hochschulweite Vernetzung der Fachbereich-LANs zur Zeit an den ersten Standorten installiert. Direktanschlüsse von Arbeitsplatzrechnern für Breitband-Multimedia-Anwendungen sind noch Forschungsobjekt.

Von den Kommunikationsdiensten sind verbreitet: Elektronische Post (E-mail), Datei-Transfer (FTAM, File Transfer Access and Management), Fernstart (RJE, Remote Job Entry) und verteilte Verarbeitung (z.B. Client-Server, Remote Procedure Call, Network File System). Diese Dienste und ihre Kommunikationsprotokolle entstammen noch unterschiedlichen Kulturen (z.B. TCP/IP und uucp aus UNIX, X.400/500 aus OSI).

Die Textverarbeitung wird auf Rechnern heute besonders häufig benutzt. Dabei werden einfache Editoren, aber auch Textsysteme mit gemischten Schriftarten und -größen oder mit Graphik bis zu leistungsfähigen Publiziersystemen (DTP, Desk Top Publishing) eingesetzt.

Farbgraphik und Visualisierung entwickeln sich zu einem wichtigen Leistungsmerkmal an der Schnittstelle zum Benutzer. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen der Graphik nur für die Benutzerführung und der Darstellung von zwei- oder dreidimensionalen Objekten der Anwendungen. Die graphische Benutzerführung auf Workstations und PCs mit Fenstertechnik ist heute Standard. Für die Visualisierung von Anwenderobjekten spannt sich ein weiter Bogen von einfachen Geschäftsgraphiken auf PCs über 2D-Graphiken auf PCs oder Workstations, über 2D- und 3D-Entwurfsobjekte z.B. des Maschinenbaus auf Hochleistungs-Graphiksystemen bis hin zu hochauflösenden Visualisierungssystemen für Bewegtbilder, wie sie im Anschluß an Höchstleistungsrechner benutzt werden.

Informationsverwaltung und Datenarchivierung haben sich weitgehend zu den Benutzern in die Institute verlagert (Streamer-Bandlaufwerke, DAT-Bandlaufwerke, Optische Platten). Große zentrale Archivierungssysteme bleiben dennoch erforderlich. Als Datenträger für die Software-Pflege (Update) und Dokumentation werden zunehmend CD-ROMs verwendet.

Der Bedarf an Höchstleistungsrechnern kommt aus fast allen wissenschaftlichen Disziplinen. Sie werden dort hauptsächlich eingesetzt für die Simulation komplexer Systeme, die Lösung extrem großer Gleichungssysteme, die Darstellung nichtlinearer Materialeigenschaften, Berechnungen an nichtsymmetrischen Körpern usw. Mit der explosiven Entwicklung der Leistung von Workstations konkurrieren diese auch im Bereich des Höchstleistungsrechnens. Eine weitere Konkurrenz entsteht in den massiv parallelen Systemen mit Tausenden von Rechereinheiten, die sich jedoch noch in der Phase der Entwicklung befinden.

### 3.4 Versorgungsqualität

Die in Abschnitt 1.3 aufgestellten Anforderungen an die Versorgungsqualität sind unterschiedlich gut erfüllt.

Grundlegendes Merkmal der Versorgungsqualität ist die Zugänglichkeit zu Datenverarbeitungssystemen zu jeder Zeit und möglichst von jedem Ort aus. Diese Zugänglichkeit bietet natürlich am konsequentesten der Arbeitsplatzrechner.

Das Antwortverhalten hat sich durch zunehmende Dezentralisierung und Verarbeitung vor Ort und die Leistungssteigerung der Systeme deutlich verbessert. Davon hat insbesondere die Arbeit mit Textsystemen profitiert.

Für die Benutzerführung haben sich Fenstertechnik und graphische Pull-Down-Menüs in Verbindung mit Mausbedienung auf breiter Basis bewährt. Immer mehr Entwicklungsaufwand, Rechnerleistung und Speicher werden einer leicht verständlichen und sich selbst erklärenden Benutzerführung gewidmet.

Verfügbarkeit und technische Sicherheit wurden traditionell von den Rechenzentren geboten. Bei dezentralen Systemen muß der Benutzer selbst dafür sorgen. Heute ist jeweils zu definieren, welche Aufgaben der Betriebsüberwachung, der Fehlerbehebung und der vorsorglichen Erstellung von Sicherungskopien der Benutzer selbst, welche der lokale Systemverwalter und welche ein Rechenzentrum wahrzunehmen hat.

Die fachspezifische Funktionalität der Datenverarbeitungssysteme ist wesentlich eine Frage der Software. Industriell entwickelte und kommerziell vertriebene Software ist deshalb für die anwendungsbezogene Lehre und Forschung unentbehrlich. Der Bedarf entsteht speziell im Hauptstudium von technisch-naturwissenschaftlichen Studiengängen (z.B. nach CAD-Paketen für den Maschinenbau) und bereits im Grundstudium von Studiengängen mit praxisorientierter DV-Grundausbildung (z.B. betriebliche Datenverarbeitung in der Betriebswirtschaftslehre). Solche Softwarepakete sind heute für die Hochschulen oft zu teuer und deshalb zu selten im Einsatz. Hier muß dringend Abhilfe geschaffen werden.

Die Frage der Betreuung insbesondere der dezentralen Systeme ist zur Zeit offen. Es haben sich vielfach innerhalb der bisherigen Versorgungsstrukturen zufällige Ad-hoc-Lösungen herausgebildet, die teilweise sehr gut, teilweise unzulänglich funktionieren. Hierzu bedarf es einer klaren organisatorischen Regelung im Rahmen eines neuen Versorgungskonzeptes.

Offene Systeme sind im Hochschulbereich von zentraler Bedeutung. Durch standardisierte Kommunikationsprotokolle, durch industrielle quasi-Standards (z.B. TCP/IP, NFS), durch Adaption herstellerbezogener Netzarchitekturen (z.B. SNA, DECnet, TRANSDATA) ist diese Offenheit (d.h. Kommunikationsfähigkeit) für den Transportdienst der Nachrichten (Schicht 4 im OSI-Sinn) im Hochschulbereich vielfach erreicht. Die zunehmende Verbreitung des UNIX-Betriebssystems und die zunehmende Adaption oder Migration weg von proprietären Betriebssystemen (z.B. VMS, MVS, BS2000, NOS) liefert eine immer breitere Basis auch für Offenheit und Portierbarkeit von Anwendungsprogrammen.

Die Erfordernisse des Schutzes von Programmen und Daten wurden in der Aufbruchsstimmung zu vernetzten und offenen Systemen hin zunächst vernachlässigt, lediglich der Passwortschutz ist weit verbreitet. Aber auch in der offenen akademischen Welt steigt die Akzeptanz darüber hinausgehender Verfahren der Verschlüsselung und der Zugangskontrolle und Authentizierung (etwa durch Chipkarten).

## 4 Das künftige Versorgungskonzept

### 4.1 Kooperative Rechnerversorgung

Die maschinelle Seite des DV-Versorgungssystems der Hochschulen beruht künftig in immer stärkerem Maße auf verteilten und vernetzten Rechnerressourcen, die in einer sinnvollen Arbeitsteilung zusammenwirken und so ein durchgängiges Versorgungssystem bilden. Dies erfordert den Einsatz von offenen Systemen, also von Systemen, die standardisierte und offengelegte interne und externe Schnittstellen von den Hardwarekomponenten und Netzen bis zu den Benutzeroberflächen verwenden.

Die Basis der Kooperation in einer solchen offenen Versorgungsstruktur ist das Client-Server-Paradigma: Spezialisierte Rechner (Server) stellen Dienstleistungen über offene Schnittstellen für andere Rechner oder Prozesse (Clients) bereit.

Für die weitere Betrachtung wird der Bedarf an DV-Ressourcen in Grundbedarf und Spitzenbedarf gegliedert. Grundbedarf ist derjenige Bedarf, der regelmäßig und gleichmäßig anfällt und der dementsprechend Ressourcen, die eigens für ihn bereitgestellt und dimensioniert sind, ökonomisch auslasten kann. Solche Ressourcen können bedarfsgerecht vor Ort (dezentral) oder im Rechenzentrum (zentral) bereitgestellt werden. Falls wirtschaftlich möglich, ist die dezentrale Bereitstellung zu bevorzugen. Neben den Grundbedarf tritt der Spitzenbedarf. Er fällt unregelmäßig und ungleichmäßig an und muß daher organisatorisch gebündelt werden, um Ressourcen wirtschaftlich auszulasten. Die Ressourcen für den Spitzenbedarf werden daher vorzugsweise zentral bereitgestellt werden.

Hauptträger der DV-Versorgung einer Hochschule war traditionell der große Universalrechner im Time-Sharing-Betrieb, mit einem herstellereigenen Terminalnetz und proprietärer Software. Dieser sogenannte Mainframe erfüllte eine Vielzahl der unterschiedlichsten Anforderungen. Wegen der technischen Entwicklung ist es heute vorteilhafter, für die einzelnen Aufgaben dedizierte und gemäß der Aufgabe dimensionierte Rechnersysteme (Server) einzusetzen. Beim Client-Server-Prinzip wird der Universalrechner des Rechenzentrums durch eine Reihe spezialisierter Server und Rechnerarbeitsplätze abgelöst, die alle über möglichst leistungsfähige Netze verbunden sind. Beispiele für solche Server sind: Compute-Server, Datei-Server, Software-Server, Archiv-Server, Informations-Server, Kommunikations-Server, Applikations-Server. Solche Server stehen in einem Hochschulrechenzentrum, aber zusätzlich von Fall zu Fall auch dezentral vor Ort, um die entsprechende Funktion lokal wahrzunehmen.

Ein wesentlicher übergeordneter Gesichtspunkt für das künftige Versorgungssystem ist die Integration aller Teile im Rahmen einer modernen verteilten Datenverarbeitung. Rechner in den Instituten und zentrale Ressourcen müssen nach Bedarf zu einem engen, reibungsfreien Zusammenwirken gebracht werden, um für jede Rechneranwendung eine möglichst optimale technische Kombination der Ressourcen zu erzielen. In diesem kooperativen Versorgungssystem muß insbesondere gelten, daß Programme nicht auf größeren Rechnern ablaufen als nötig und daß Rechner möglichst nahe am Endnutzer aufgestellt werden.

Die personellen Leistungen können zukünftig ebenfalls nur in einer geeigneten Arbeitsteilung und Kooperation zwischen dem Personal des Hochschulrechenzentrums und dem Personal der Lehrstühle und Institute erbracht werden.

Für eine Übergangszeit können heute noch Abstriche vom gewohnten Standard notwendig sein, dort nämlich, wo derzeit offene Systeme noch Defizite aufweisen, beispielsweise beim Accounting.

In dieser Zeit des Strukturwandels benötigt jede Universität ein Konzept, wie sie von dem bisherigen zentralen Versorgungskonzept zu einem verteilten Konzept und von den proprietären Systemumgebungen zu den offenen Systemen übergehen will. Das Migrationskonzept muß auch organisatorisch unterstützt werden. Aber auch bei einer Umverteilung zugunsten der dezentralen Komponenten müssen genügend zentrale Ressourcen erhalten bleiben. Näheres hierzu wird in Kapitel 5 ausgeführt.

## 4.2 Betriebs- und Anwendungssoftware

Nicht nur in der Forschung und der forschungsnahen Lehre, sondern auch schon bei der Grundausbildung in DV-Wissen sollte an professionellen Rechnersystemen mit graphischen Oberflächen, mit guter Bedienerführung und mit anwendungsorientierter, industrieller Software großer funktionaler Mächtigkeit gearbeitet werden.

Der Anteil der Software an den Gesamtkosten eines Systems steigt stark. Ein besonderes Problem ist dabei die hohe Anzahl der dezentralen Arbeitsplätze und Server, für die eine Softwareausstattung auf der Basis von Einzellizenzen nicht mehr finanzierbar ist. Ein weiteres Problem ist die Finanzierung der Folgekosten für die Pflege der Software und die neuen Versionen. Es sind daher zusammen mit den Firmen geeignete Mechanismen zu entwickeln, um diese Probleme zu lösen. Ansatzpunkte könnten sein:

- Stückzahl-Lizenzen,
- Campus- und Landeslizenzen,
- hoch rabattierte Preise für Forschung und Lehre unter Ausschluß einer kommerziellen Nutzung,
- Ausleihe von Software durch das Rechenzentrum an Wissenschaftler und Studenten für vorübergehenden Bedarf,
- Einbezug der Pflege der Software und der Lieferung neuer Versionen in die erweiterte Gewährleistung,
- Reduktion der Pflegekosten dadurch, daß Erweiterungen und Verbesserungen nicht mehr an jeden Endbenutzer, sondern nur noch an das Rechenzentrum gehen. Dort werden sie in die Referenzversion integriert und über einen Software-Server abrufbar gemacht. Solche zentrale Bereitstellung von lizenzierter Software für eine breite Nutzerschaft reduziert nicht nur die beträchtlich anwachsenden Kosten, sondern fokussiert auch die Serviceleistung auf eine noch handhabbare Anzahl unterschiedlicher Produkte und erleichtert die Kommunikation und Kooperation unter den Benutzern. Trotzdem darf der von der Generallinie abweichende Erwerb von Softwareprodukten nicht behindert werden, da häufig spezielle Forschungsaufgaben oder Kooperationen Abweichungen erforderlich machen. Die finanziellen und betreuungstechnischen Vorteile bei zentral bereitgestellten Mehrfachlizenzen sollten genügend Anreiz bieten, nicht ohne Not eigene Wege zu gehen.

Auch Anwendungssoftware sollte offen sein. Geschlossene Anwenderprogramme sollten nur noch dann beschafft werden, wenn kein annähernd vergleichbares Programm mit offenen Schnittstellen auf dem Markt ist. Auch die Hochschulen selbst sollten bei ihrer Softwareentwicklung nur offene standardisierte Schnittstellen verwenden.

## 4.3 Höchstleistungsrechner

Im Hinblick auf die internationale Konkurrenzfähigkeit der Wirtschaft und der Forschung muß in Deutschland immer mindestens ein Rechner der jeweils höchsten Leistungsklasse für die Wissenschaft verfügbar sein. Dieser Höchstleistungsrechner soll ausschließlich für solche Wissenschaftler zur Verfügung stehen, die zur Lösung ihrer Probleme gerade seine Leistung benötigen und das System angemessen ausnutzen können.

Als Höchstleistungsrechner sind heute Vektorrechner oder parallele Systeme zu sehen, da in den nächsten Jahren Vektorrechner noch nicht von Parallelrechnern abgelöst werden. Es ist daher erforderlich, auf die Verfügbarkeit beider Rechnerarten im Höchstleistungsbereich zu achten. Da außerdem verschiedene Herstellerlinien und Architekturen eine Rolle spielen, deren langfristige Entwicklung und Bedeutung noch nicht abzusehen ist, sollte nicht nur ein System, sondern eine angemessene Vielfalt

von Systemen im Höchstleistungsbereich zur Verfügung stehen. Dies bedeutet, daß in dem hier betrachteten Zeitraum von vier Jahren je nach Bedarf und Fortschritt der technischen Entwicklung ein bis zwei Höchstleistungssysteme für die Bundesrepublik erforderlich sein werden.

Die Steuerung der Nutzung solcher Höchstleistungssysteme erfolgt langfristig mit der Investitionsentscheidung und kurzfristig durch die Gestaltung des Zugangs. Hierbei geht es hauptsächlich darum sicherzustellen, daß die Programme auf den für sie optimal geeigneten Anlagen ablaufen. Die Nutzung der Höchstleistungsrechner muß den Aufgaben vorbehalten werden, die gerade die speziellen Ressourcen des Höchstleistungsrechners benötigen und gut ausnutzen. Bei Vektorrechnern ist daher ein hoher Vektorisierungsgrad zu fordern. Insgesamt sind die Höchstleistungssysteme dem Spitzenbedarf vorbehalten und nicht für die Bearbeitung einer großen Zahl von Kleinaufgaben einzusetzen. Diese sowie die Vor- und Nachbearbeitung großer Aufgaben soll auf kleineren Rechnern am Ort des Anwenders erfolgen.

Für die Höchstleistungssysteme sollten der Zugang und die Zuteilung der Ressourcen von einer fachlichen Begutachtung der Anwendungsprojekte, auch bezüglich des Umfangs der Inanspruchnahme, abhängig gemacht werden. Eine etwa jährliche Überprüfung und Neuzuteilung der Ressourcen ist erforderlich. Dies kann in einem speziellen Lenkungsgremium erfolgen. Bei der Verplanung der Ressourcen muß darauf geachtet werden, daß für den einzelnen Nutzer die verfügbaren Ressourcen bezüglich Zeit und Umfang kalkulierbar sind. Nur so können Verpflichtungen in Forschungsprojekten eingegangen werden.

#### 4.4 Zentrale Server und zentrale Geräte

Eine Aufgabe der zentral aufgestellten Rechnersysteme ist die Abdeckung des Spitzenbedarfs. Dieser setzt sich aus zwei Anteilen zusammen, der Überlaufkapazität und der Nutzung sehr teurer Ressourcen. Die Forderung nach Bereitstellung von Überlaufkapazität ist darin begründet, daß sich der Rechnerbedarf an einer Stelle der Universität jederzeit ändern kann. Er hängt beispielsweise von der aktuellen Forschungsrichtung, dem Beginn und Ende rechenintensiver Projekte, von Berufungen, Einstellung oder Fortgang von Mitarbeitern, bisherigen Arbeitsergebnissen, dem Verlauf von Experimenten oder der Zusammenarbeit mit anderen Instituten ab. Die dezentrale Rechnerausstattung kann im allgemeinen nicht ohne große Verzögerung an solche Bedarfsänderungen angepaßt werden. Solche Überlaufkapazität wird sinnvollerweise durch Systeme, die den dezentral eingesetzten Systemen in Funktionalität und Leistung entsprechen, bereitgestellt, beispielsweise also durch einen Park von Workstations.

Die andere Art des Spitzenbedarfs benötigt Ressourcen, die so teuer sind, daß sie nur durch die Zusammenfassung mehrerer Bedarfe gerechtfertigt werden können. Hierzu gehören typischerweise die früher genannten Höchstleistungsrechner, aber auch Compute-Server mit Hochleistungsprozessoren, Spezialrechner, Datei-/Datenbank-Server, Applikations-Server und Spezialgeräte wie Blindenarbeitsplätze, Farblaserdrucker, Belichter für hochauflösende Satzausgabe, Farbscanner, Schriftlesegeräte, Arbeitsplätze für multimediale Anwendungen oder Arbeitsplätze für Höchstleistungsgraphik.

*Compute-Server:* Die Kapazität der Compute-Server wird in der Regel deutlich über der Kapazität der dezentral verfügbaren Server und Workstations liegen müssen. Im Hinblick auf das gute Preis-Leistungs-Verhältnis im Workstationbereich müssen zentrale Compute-Server sorgfältig geplant werden, beispielsweise kann es wirtschaftlicher sein, mehrere Compute-Server geringerer Leistung an Stelle eines sehr großen Servers einzusetzen. Soweit der Bedarf im einzelnen vorliegt, sollten in allen Hochschulrechenzentren kleinere Vektorrechner und massiv parallele Systeme vorhanden sein. Heute liegen solche Systeme im Preisbereich von 400000 bis 1,5 Millionen DM.

Die massiv parallelen Systeme werden zukünftig hohe Rechenleistung wirtschaftlich bereitstellen können. Die Entwicklung von Algorithmen und Werkzeugen für solche Systeme ist noch Gegenstand

der Forschung. Da auch noch Forschungsarbeiten hinsichtlich der Einbettung in das gesamte Versorgungssystem in die Entwicklung einfließen müssen, wird vorgeschlagen, die massiv parallelen Systeme vorzugsweise im Rechenzentrum aufzustellen, aber den jeweiligen Forschungsprojekten entsprechend ihren Bedürfnissen gewidmet bereitzustellen. Durch diese Maßnahmen wird die erforderliche Kompetenz in den Rechenzentren aufgebaut und dem breiten Einsatz solcher Systeme der Weg geebnet.

*Applikations-Server:* Das kooperative Versorgungskonzept erfordert offene Systeme. In einer Übergangszeit, in selteneren Fällen auch langfristig, werden aber in bestimmten Anwendungsbereichen, beispielsweise den Wirtschaftswissenschaften, auch Anwenderprogramme eingesetzt, die nur in einer proprietären Systemumgebung ablaufen können. Für solche Anwendungen kann im Rechenzentrum nach dem Client-Server-Modell ein spezieller Rechner mit der benötigten Hardware- und Softwareumgebung eingesetzt werden. Er übernimmt keine allgemeine Versorgung, sondern ist ausschließlich nach den genannten besonderen Bedürfnissen einer mehr oder weniger großen Benutzergruppe konfiguriert. Es ist, wie immer, zu prüfen, ob die finanziellen und personellen Aufwendungen für den Applikations-Server in einem angemessenen Verhältnis zu den Forschungs- und Lehrbedürfnissen stehen. Gegebenenfalls muß auch überlegt werden, ob die Größe seiner Benutzerschaft einen Betrieb durch das Rechenzentrum noch rechtfertigt, oder ob wie bei anderen Spezialgeräten die Verantwortung an eine Benutzergruppe gehen kann.

*Archiv-Server:* Sie stellen Datensicherungs- und Archivierungsdienste für die dezentralen Systeme bereit. Es muß zukünftig ein abgestuftes Konzept entwickelt werden, um eine sinnvolle Arbeitsteilung zwischen lokaler Archivierung und zentraler Archivierung zu erreichen.

*Informations-Server:* In Zukunft wird in einem solchen komplexen Versorgungssystem die Information des Benutzers über lokal und international verfügbare Ressourcen und Dokumentation einen hohen Stellenwert einnehmen.

*Kommunikations-Server:* Sie übernehmen eine Reihe zentraler Kommunikationsdienste, wie Übermittlung von elektronischer Post oder Zugang zu öffentlichen Netzen.

*Referenzinstallationen:* Die Rechenzentren werden zukünftig eine Vielzahl neuer Aufgaben für die dezentralen Systeme wie Beratung bei der Beschaffung oder Systemunterstützung übernehmen müssen. Um diese Aufgaben wahrnehmen zu können, sind Referenzsysteme im Rechenzentrum erforderlich. Es ist anzustreben, daß wichtige Hersteller ihre jeweils neuesten Systeme in einer Referenzinstallation für die Beratung der Nutzer beim Kauf kostenlos zur Verfügung stellen. Beispiele dafür finden sich heute schon in PC- und Workstation-Labors.

*Software-Server:* Über Software-Server werden Referenzversionen von Grund- und Anwendungssoftware für den Endbenutzer bereitgestellt. Er kann diese über das Netz für einen kürzeren Zeitraum ausleihen oder, je nach Lizenzsituation, bei sich permanent installieren.

Für den Bedarf, der in einer Hochschule nicht wirtschaftlich gedeckt werden kann, müssen entsprechende Ressourcen landesweit oder bundesweit bereitgestellt werden.

## 4.5 Lokale Server und Arbeitsplatzrechner

Die Deckung des Grundbedarfs an maschinellen Leistungen, insbesondere an Prozessorleistung, Hauptspeicher- bzw. Massenspeicherkapazität und an Druckerleistung, kann heute auf ökonomische Weise größtenteils an dem Ort geschehen, an dem der Bedarf entsteht, nämlich am Arbeitsplatz des Anwenders. Nur hierdurch läßt sich die geforderte Versorgungsqualität erreichen. Entsprechend den fachlichen Bedürfnissen werden Personal Computer, Workstations oder X-Terminals als Endgeräte für den Benutzer eingesetzt. In der Regel wird es zweckmäßig sein, solche Systeme in Cluster einzubinden und durch lokale Server zu ergänzen. Letztere können auch Workstations sein, die nur bezüglich Arbeitsspeicher und Plattenspeicher besser ausgestattet sind.

Für Bereichsrechner in den Fakultäten besteht nur noch in Sonderfällen ein Bedarf, beispielsweise wenn eine Fakultät einen eigenen Vektorrechner oder eine Höchstleistungs-Graphikstation selbst auslasten kann und selbst betreiben möchte.

Bei der Beschaffung ist im dezentralen Bereich ebenfalls auf offene Systeme und zusätzlich auf möglichst gute Homogenität innerhalb einer Nutzergruppe zu achten. Dies soll den Aufwand für den Betrieb der dezentralen Systeme in angemessenen Grenzen halten.

Im Hinblick auf die schnelle technologische Entwicklung ist es sinnvoll, möglichst leistungsfähige Systeme zu beschaffen, um eine große nutzbare Standzeit zu erreichen. Dagegen ist der Versuch, die Standzeit durch Beschaffung von Systemen mit flexibler Ausbaubarkeit zu verlängern, normalerweise nicht mehr sinnvoll. Anstelle der Aufrüstung nach ein oder zwei Jahren ist es meist wirtschaftlicher und auch technisch sinnvoller, neue Systeme zusätzlich zu beschaffen und die vorhandenen für andere Zwecke, beispielsweise für die Lehre, zu nutzen.

Zwar ist das Preis-Leistungs-Verhältnis der offenen Systeme dauernd gesunken, aber gleichzeitig wächst bei der Grundsoftware und den Anwendersystemen der Ressourcenbedarf in einer unerwarteten Größenordnung. Dies hat nicht zuletzt seine Ursache in der Verbesserung der Versorgungsqualität und der benutzerorientierten graphischen Oberflächen. Industrielle Software mit großer funktioneller Mächtigkeit benötigt ebenfalls erhebliche Rechnerressourcen. Trotzdem sind beim interaktiven Arbeiten lange, unproduktive und demotivierende Wartezeiten für Wissenschaftler oder Studenten nicht zu vertreten. Reaktionszeiten sollten bei einfachen Aufgaben deutlich unter einer Sekunde liegen. Das führt zu erhöhten Anforderungen an die Hardwareausstattung.

Die Folgekosten sollten durch Beschaffung von Systemen mit mehrjähriger Garantie niedrig gehalten werden. Da die technologische Entwicklung im Bereich der Personal Computer und Workstations für alle Komponenten sehr hohe Lebensdauer gebracht hat, sollten Hersteller auf einen Preisaufschlag für mehrjährige Garantie verzichten. Nach Ablauf der Garantie ist es oft sinnvoll, defekte Geräte außer Betrieb zu nehmen und auszuschlachten. Beim Kauf von Software sollte darauf geachtet werden, daß für die Hochschulen im Kaufpreis ohne Preisaufschlag nicht nur Updates, sondern auch die Lieferungen neuer Versionen während der Standzeit des Systems enthalten sind.

Ein Student sollte während seines gesamten Studiums Zugang zu einem Rechner haben und auch ausreichend Zeit für freies Üben erhalten. Für das Arbeiten mit dem Rechner ist einschließlich freiem Üben eine Zeit von durchschnittlich etwa drei bis zehn Stunden je Woche und Student je nach Fachrichtung und Durchdringung mit DV-Anwendungen vorzusehen. Für die Zeit der Studien- und Diplomarbeiten kann sich dieser Wert vervielfachen. Da die Bedürfnisse fachspezifisch und örtlich weit streuen und da die Durchdringung mit DV-Anwendungen in den letzten Jahren stark zugenommen hat, ist es sinnvoll, keine weiteren fachspezifischen Einschränkungen des Bedarfs vorzuschreiben.

Bei der fachspezifischen Ausbildung lernt der Student die Nutzung von Anwenderprogrammen zur Bearbeitung fachspezifischer Aufgaben. Hier werden in der Lehre bevorzugt Systeme eingesetzt, die auch in der Forschung (und in der Industrie) verwendet werden. Dadurch läßt sich einerseits der Betreuungsaufwand des Instituts reduzieren, weil nicht getrennte Systeme für die Lehre und die Forschung betreut werden müssen; andererseits ergibt sich eine Reduzierung des Aufwands für den Studenten, da er bei seiner Diplomarbeit, die ja forschungsnah ist, nicht von einem ausbildungsorientierten System auf das in der Forschung verwendete professionelle System umsteigen muß.

Da im Rahmen des CIP bereits die Ersatzbeschaffungen anlaufen, aber der Bedarf bei weitem noch nicht gedeckt ist, sind erhebliche Anstrengungen von Bund und Ländern erforderlich, um sowohl die dringend notwendige Ausweitung der Versorgung mit DV-Systemen als auch den Ersatzbedarf finanzieren zu können. Dabei ist zu beachten, daß der Anteil der Software an den Gesamtkosten immer höher wird und die Preise für Software eine deutlich steigende Tendenz haben.

Rechnerarbeitsplätze für Wissenschaftler sind dringend erforderlich. Diese können über HBFÜG-Anträge auf WAP-Cluster beschafft werden. Zum Erhalt eines hohen Niveaus in der Forschung muß

von dieser Möglichkeit in steigendem Maße Gebrauch gemacht werden. Problembereiche sind, wie bei CIP auch, das erforderliche Personal und die notwendigen Sachmittel.

Bei Beschaffung von Rechnern im Rahmen von CIP/WAP ist es ganz wichtig, daß offene Systeme und moderne Konzepte in Hardware und Software eingesetzt werden, da nur so die Hochschulabsolventen den Bedürfnissen beim Eintritt in die berufliche Praxis gerecht werden können.

## 4.6 Netze

Die vorgestellte kooperative Versorgungsstruktur enthält als zentrales Element ein umfangreiches Rechnernetz. Die elektronische Kommunikation über Netze ist bereits heute in vielen Fächern unentbehrlich. Sie wird insbesondere zum Austausch von Nachrichten und Datenbeständen, zum Recherchieren in Bibliotheken, zur Fernkooperation der Wissenschaftler und zum Zugriff auf spezielle Dienste eingesetzt, die lokal, im Hochschulrechnernetz, bundesweit oder international angeboten werden. Nutzungswissen darüber ist in vielen Fächern bereits ebenfalls vollkommen unentbehrlich.

Das Hochschulnetz weist eine hierarchische Struktur auf:

- Höchstgeschwindigkeitsnetze mit Übertragungsraten im Bereich Gigabit je Sekunde (Gbit/s) werden innerhalb des Rechenzentrums eingesetzt, um zum Beispiel Datei-Server hoher Leistung mit Compute-Servern zu verbinden.
- Hochgeschwindigkeitsnetze mit Übertragungsraten im Bereich 100 Mbit/s auf der Basis von Lichtwellenleitern verbinden als Backbone-Netze die einzelnen Gebäude einer Hochschule. Die gegenwärtige Technologie ist ein FDDI-Ring. In besonderen Fällen sind Hochleistungs-Workstations des Benutzers, z.B. bei Bildverarbeitung oder Visualisierung, auch direkt in ein solches Netz integriert.
- Innerhalb eines Gebäudes sind auf den einzelnen Stockwerken lokale Netze (Gebäude-Backbones) mit Übertragungsraten bis etwa 10 Mbit/s installiert, beispielsweise auf der Basis der Ethernet-Technologie. Es ist zu erwarten, daß in der nächsten Generation diese Netze durch Lichtwellenleiter abgelöst werden.
- An das Gebäude-Backbone-Netz sind Subnetze für die einzelnen Benutzergruppen angeschlossen. Diese Subnetze sind lokale Netze, an die typischerweise ein Server und mehrere Arbeitsplatzrechner angeschlossen sind.

Durch eine solche hierarchische Struktur wird erreicht, daß der Datenverkehr möglichst lokal bleibt und das Netz insgesamt nicht überlastet wird.

Das geschilderte hierarchisch aufgebaute Hochschulnetz ist in ein nationales Wissenschaftsnetz (WIN) eingebunden. Dieses verbindet die deutschen Hochschulen untereinander und mit dem Ausland. Das derzeitige Wissenschaftsnetz ist leistungsschwach. Es stellt nur Verbindungen mit Übertragungsraten von 64 Kbit/s bereit. Im Hinblick auf die angestrebten nationalen Versorgungsstrukturen und die Bedürfnisse der Wissenschaft, auch im internationalen Vergleich, sind Hochleistungsverbindungen in der Größenordnung von 140 Mbit/s Übertragungsleistung dringend notwendig. Solche Verbindungen wurden bereits im Netzmemorandum der Kommission für Rechenanlagen flächendeckend bis Mitte der neunziger Jahre gefordert. Hier ist eine stärkere Unterstützung insbesondere von politischer Seite, beispielsweise bei dem Problem der Gebühren für Breitbandnetze, dringend erforderlich.

Das Wissenschaftsnetz und das Hochschulnetz sollen für alle Hochschulangehörigen zugänglich sein. Der Zugang über das Netz zu den einzelnen Rechnern ist kontrolliert. Moderne Techniken der Zugangskontrolle sind dafür längerfristig unumgänglich. Sensitive Daten, die über das Netz übertragen werden, können mit bekannten Techniken auf der Basis von Verschlüsselungen geschützt werden. Entsprechende Einrichtungen, wie Verschlüsselungsdienste und vertrauenswürdige Netzknoten, sind vorzusehen. In Ausnahmefällen können getrennte Netze sinnvoll sein. Derzeit scheint eine Trennung des Kliniknetzes vom allgemeinen Wissenschaftsnetz erforderlich.

## 4.7 Heimarbeitsplätze

Ein über das Netz anzubietender Dienst besonderer Art ist die Anschlußmöglichkeit von Rechnern am häuslichen Arbeitsplatz. Solche Heimarbeitsplätze sind sowohl für Wissenschaftler als auch für Studenten von immer größerer Bedeutung, so daß ihre Integration in den Forschungs- und Studienbetrieb anzustreben ist. Neben den Regelungen für einen funktionsgerechten, von den Nutzern auch finanzierbaren Zugang sind weitere Probleme zu lösen, beispielsweise die Nutzung von Software, für die die Universität die Lizenz erworben hat, oder der Zugang zu Bibliotheksdiensten und wissenschaftlichen Datenbanken. Heimarbeitsplätze für Hochschulangehörige sind auch unter den Gesichtspunkten Frauenförderung, Familienförderung oder Bereitstellung von Teilzeitarbeitsplätzen interessant. Die große Bedeutung der studentischen Heimarbeitsplätze wird durch die sehr positiven Ergebnisse des vom Bundesminister für Bildung und Wissenschaft unterstützten zweijährigen Münchner Modellversuchs Integration studenteneigener Rechner in die Ausbildung unterstrichen. In Zukunft sind daher Maßnahmen notwendig, die u.a.

- den preisgünstigen Erwerb von eigenen Rechnern durch die Studenten,
- die Ausleihe von Rechnern an Studenten während des Studiums,
- die Ausleihe von Anwendungssoftware, beispielsweise während des Semesters für einen Kurs, ermöglichen und
- studenteneigene Rechner vermehrt in den Unterricht einbeziehen und entsprechende Netzanschlüsse vorsehen.

## 4.8 Organisatorische Struktur

Das Versorgungssystem wird wesentlich durch das Nebeneinander von dezentral und zentral bereitgestellten Ressourcen bestimmt. Das quantitative Verhältnis beider hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab. Wie sich das Verhältnis mittelfristig entwickeln wird, ist noch nicht absehbar, zunächst wird wegen des in vielen Hochschulen noch notwendigen Auf- und Ausbaus der dezentralen Komponenten der notwendige Investitionsaufwand hierfür eher höher liegen als für zentrale Ressourcen.

Ein dezentrales, vernetztes Versorgungssystem ist wesentlich schwieriger zu betreiben als ein herkömmliches zentrales System. Deshalb werden die personellen Dienstleistungen an Umfang und Bedeutung erheblich zunehmen. Eine für das einwandfreie Funktionieren des Versorgungssystems wesentliche Frage ist die Aufteilung der Verantwortung auf das Personal in den Instituten und im Hochschulrechenzentrum. Die Verantwortung für die dezentral aufgestellten Systeme wird im Regelfall bei den Lehrstühlen und Instituten liegen. Für bestimmte Fächer kann es aber auch sinnvoll sein, die dezentralen Rechner durch das Rechenzentrum zu beschaffen und zu betreiben (bediente Rechnerleistung vor Ort).

Einmalige oder seltenere Aufgaben wie Installation von Rechnern, Implementierung von Softwaresystemen, Einrichtung von Netzen, Fehleranalyse und -behebung werden in der Regel zweckmäßigerweise von Spezialisten durchgeführt. Diese sollten einen zentralen Stab bilden, dessen Leistung den Instituten von Fall zu Fall auf Abruf zur Verfügung steht. Die Zentralisierung der DV-fachlichen Kompetenz hat den Vorteil, daß in den Zentralen ein höherer Grad der Spezialisierung, ein intensiverer Erfahrungsaustausch und eine dauernde Nachfrage nach den Leistungen des Spezialisten möglich wird, welche hilft, seine fachliche Qualität auf wirtschaftliche Weise zu erhalten.

Unter den gegebenen Umständen bietet es sich an, diese Aufgabe dem bisherigen Rechenzentrum als einem Kompetenzzentrum für vernetzte Systeme zu übertragen.

Auf der Benutzerseite müssen ebenfalls Systemverantwortliche für den täglichen Routinebetrieb der dezentralen Systeme benannt werden. Dies ist als erwünschte Zusatzqualifikation der Mitarbeiter zu sehen. Deshalb sollte die Systemverantwortung im allgemeinen nicht nur an Inhaber von

Dauerstellen, sondern auch an junge wissenschaftliche Mitarbeiter gegeben werden, deren Zeit der Systemverantwortung allerdings auf ein bis zwei Jahre begrenzt wird.

In der Hochschule muß der Zugang zu Rechnern und Netzen im Bereich von Lehre und Forschung liberal gehandhabt werden. Es ist daher wichtig, Mitarbeiter und Studenten zu verantwortlicher Nutzung der Anlagen zu führen und insbesondere auch zur Einhaltung von Lizenzbedingungen zu verpflichten.

Der Anteil des Bedarfs, der aus zentralen Ressourcen des Rechenzentrums gedeckt wird, geht stark zurück. Um so mehr wächst jedoch der Bedarf an Information über die am Arbeitsplatz und im Netz erreichbaren Ressourcen, über Stand und Trend der technischen Entwicklung, über Preise und Vertragskonditionen u.a. Die Bereitstellung solcher Information und weitere Dienste für die dezentralen Systeme werden zu zentralen Aufgaben des Hochschulrechenzentrums. Der zunehmende Einsatz von Rechnern und Netzen führt auch zu einer engeren Verflechtung von Aufgabenbereichen, die bisher durch getrennte Institutionen unabhängig wahrgenommen wurden. Deshalb erfordern Auskunftssysteme, die von Bibliotheken oder Verwaltungen eingerichtet werden, einheitliche Benutzeroberflächen, damit sich der Benutzer dieser Dienste nicht je nach Anwendung unterschiedlich verhalten muß.

Da das Versorgungssystem hochschulweit in ständiger Weiterentwicklung ist, wird in der Hochschule eine rollende Planung nötig. Hierbei sind auch Gesichtspunkte wie Standardisierung, Datenschutz, Entwicklungsstrategie der Hochschule und die Anpassung des Versorgungssystems an die technische Entwicklung zu beachten. Dafür ist ein hochschulweit wirkendes Lenkungsgremium erforderlich.

## 5 Die künftigen Aufgaben des Hochschulrechenzentrums

### 5.1 Die Grundaufgaben des Hochschulrechenzentrums

Der Hauptträger der Versorgung mit Datenverarbeitungskapazität in früheren Versorgungskonzepten war das Hochschulrechenzentrum. Obwohl die Rechenzentren manchmal Probleme haben, ihren Aufgaben für die Benutzer gerecht zu werden, ist es nach Lage der Dinge am aussichtsreichsten, den notwendigen Strukturwandel mit ihrer Hilfe durchzuführen und ihnen dabei klar ihre neuen Aufgaben zuzuweisen. Wegen der Wichtigkeit dieser Frage in der gegenwärtigen Situation wird den Rechenzentren ein eigenes Kapitel gewidmet.

Die veränderten Aufgaben, die in einem verteilten, kooperativen Versorgungssystem dem Hochschulrechenzentrum zufallen, lassen sich in vier Gruppen einteilen:

- Betrieb der zentralen Ressourcen,
- Betrieb des hochschulweiten Netzes,
- Bereitstellung einer Gruppe von Spezialisten für DV-Fragen der Anwender (Kompetenzzentrum),
- Unterstützung der Hochschule bei Planung, Standardisierung und Koordinierung in übergreifenden DV-Fragen.

## 5.2 Der Betrieb der zentralen Rechnerressourcen

Hinsichtlich der maschinellen Dienstleistung ist das Rechenzentrum zuständig für den Spitzenbedarf. Dieser setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

- einem quantitativen, für den zentrale Überlaufkapazität bereitgestellt werden muß, um Bedarfschwankungen abzufangen,
- einem qualitativen, der sich auf Ressourcen richtet, die so teuer sind, daß sie nur durch die Zusammenfassung mehrerer Bedarfe gerechtfertigt werden können.

Ausstattung und Arbeitsanfall des Rechenzentrums sind von der dezentral erbrachten Versorgung abhängig. Nach dem Bisherigen ergeben sich jedoch folgende Geräte, die für die Hochschulen jeweils zentral bereitgehalten werden müssen:

- Vektorrechner: Sie werden mindestens als kompatible Systeme für die Vorbereitung von Anwendungen auf entfernten Höchstleistungsrechnern benötigt.
- Parallelrechner: Das Rechenzentrum, das Parallelrechner betreibt, muß mit den Forschungsgruppen eng kooperieren und dabei Erfahrungen sammeln.
- Parks von Workstations als Überlaufkapazität: Der zentrale Pool muß vergleichbare, zu den dezentralen Systemen kompatible Leistung für die Abdeckung des Spitzenbedarfs bereitstellen.
- Compute-, Applikations-, Datei-, Kommunikations-, Informations- und andere Server: Die Leistung der Compute-Server muß dabei deutlich über der Leistung der dezentralen Systeme liegen.
- Teure Spezialgeräte: zum Beispiel Farblaserdrucker, Belichter für hochauflösende Satzausgabe, elektrostatische Ausgabegeräte für Großformate in Farbe, Farbscanner, Arbeitsplätze für multimediale Anwendungen.

Die Dimensionierung aller Geräte soll auf den unmittelbaren Bedarf hin geschehen und nicht auf Vorrat. Die Ergänzung durch additive Geräte bei Bedarf ist normalerweise wirtschaftlicher.

## 5.3 Betrieb des hochschulweiten Netzes

Notwendige Voraussetzung für das Funktionieren des kooperativen Versorgungssystems ist das Netz, das wegen dieser grundsätzlichen Bedeutung besonderer Beachtung bei allen Planungen bedarf. Es stellt eine komplexe Infrastruktur aus Leitungen und aufeinander abgestimmten Hardware- und Softwarekomponenten dar, die eine dauernde hauptamtliche Betreuung erfordert.

Diese Aufgaben können nur von einer zentralen Einrichtung wahrgenommen werden. Als solche bietet sich das Hochschulrechenzentrum an. Da dieses nicht auch das gesamte Kabelsystem der Universität betreuen kann, ist eine klare Regelung der Zuständigkeiten erforderlich. Insbesondere muß in die Zuständigkeit und Verantwortung des Hochschulrechenzentrums das gesamte Netzmanagement einschließlich der Fehlerlokalisierung und die elektronisch aktiven Komponenten des Hochschulnetzes fallen. Zu seinen Aufgaben gehört auch die Verwaltung der Mail-Adressen.

## 5.4 Das Kompetenzzentrum

Zum Betrieb der dezentralen Rechner in den Instituten ist eine Arbeitsteilung zwischen Institutsmitarbeitern und dem Hochschulrechenzentrum zwingend erforderlich. Zwar liegt im Regelfall die Verantwortung für den Betrieb bei den Instituten. Diese müssen also auch den hierfür erforderlichen sächlichen und personellen Aufwand tragen. Es gibt aber Aufgaben, die bei allen Instituten anfallen und lokal wiederholt werden müssen, beispielsweise das Austesten und Einspielen neuer Systemversionen. Das Rechenzentrum sollte unter dem Gesichtspunkt einer Reduzierung des Gesamtaufwandes geeignete Dienstleistungen erbringen. Die wichtigsten Dienste, die der Wissenschaftler in einem solchen Versorgungssystem von einem Kompetenzzentrum benötigt, sind:

- Unterstützung bei der Planung der DV-Systeme am Arbeitsplatz,
- Hilfe bei Installation und Softwareimplementierung der lokalen Netze,
- Distribution und Pflege der Systemsoftware für Systeme am Arbeitsplatz,
- Unterstützung gegenüber Lieferfirmen, Wartungstechnikern und Postdiensten,
- Analyse von Störungen an dezentralen Rechnersystemen, Hilfe bei der Behebung,
- Analyse von Fehlern in lokalen Netzen und Hilfe bei ihrer Behebung,
- Beratung zur Softwarebeschaffung,
- Distribution und ggf. Betreuung breitgestreut einsetzbarer Anwendungssoftware,
- Hilfe bei der Nutzung externer Hochleistungsrechner,
- Kurse über Betriebssysteme, Nutzung von Netzen und Anwendungspaketen,
- Kurse zur Programmierung von Vektor- und Parallelrechnern,
- Informationsveranstaltungen zum Stand der Rechnertechnologie.

Um die Kompetenz der Rechenzentren in ihrem gesamten Verantwortungsbereich zu gewährleisten und damit eine effiziente Beratung der Nutzer, insbesondere auch der von Arbeitsplatzrechnern, sicherzustellen, ist die Einrichtung von Arbeitsplatzrechnerlabors mit entsprechender Softwareausstattung in den Rechenzentren notwendig. Hier muß eine typische Anlagenauswahl modernsten Zuschnitts sowie ein breit gefächertes Softwareangebot für Erprobungszwecke und zur Orientierung für Interessenten aus der Universität verfügbar sein.

Ein anderer Gesichtspunkt ist das Bereithalten von Informationen und Kenntnissen. Kenntnisse, die bei der täglichen Rechnernutzung benötigt werden, sollten dezentral verfügbar sein. Kenntnisse, die in einem Institut seltener benötigt werden, beispielsweise nur einmal je Monat, sollten bei Spezialisten im Rechenzentrum abrufbar sein. Kenntnisse, die noch seltener benötigt werden, können auch im Rechenzentrum nicht mehr wirtschaftlich vorgehalten werden. In diesen Fällen ist ein Zugriff auf Mitarbeiter von Firmen erforderlich.

Das Rechenzentrum muß den Informationsfluß zu den Anwendern hin auch dadurch unterstützen, daß es kompetente Benutzer zusammenführt und selber als Informationsbörse wirkt. Andererseits kann die Kompetenz des Rechenzentrums nur durch die bewußte Beschränkung auf ein wohldefiniertes Soft- und Hardwarespektrum erreicht werden.

Insbesondere diese neue Aufgabenstellung des Rechenzentrums als kooperatives Kompetenzzentrum und Informationsbörse macht eine andersartige Arbeitsweise als bisher nötig. Die Rechenzentren werden künftig daran gemessen werden, inwieweit sie in der Lage sind, dem Informationsbedarf der Benutzer über die von ihnen vermittelten oder selbst bereitgestellten Dienste zu entsprechen. Um hierbei Effizienz zu erreichen, werden personelle Umstrukturierungen im Rechenzentrum nötig sein, aber auch wissensbasierte und selbsterklärende Systeme stärker zum Einsatz kommen müssen.

## 5.5 Unterstützung der Hochschulleitung bei Planung, Standardisierung und Koordination

Das DV-Versorgungssystem der Hochschule einschließlich des Netzes ist ein wesentlicher Bestandteil der Infrastruktur. Seine steigende Bedeutung für Forschung und Lehre und die hohen Aufwendungen machen es erforderlich, daß die zuständigen Leitungsgremien der Universität ihm besondere Aufmerksamkeit widmen. Hierbei benötigen sie die Unterstützung durch einen Beraterstab, der die Entscheidungen vorbereitet. Im einzelnen werden dessen Aufgaben sein:

- Entwurf der Hochschulstrategie für die Datenverarbeitung,
- Vorbereitung der mittelfristigen DV-Entwicklungs- und Investitionspläne für die Hochschule,
- dauernde Aktualisierung der Planung,
- Bewertung einzelner Entscheidungsalternativen,

- Ausarbeitung hochschulweit gültiger Regeln über Hardware-, Software-, Netzchnittstellen, Systemparameter, Anwendungspakete, Nutzungsregeln u.a.,
- Begutachtung von Vorhaben mit übergreifender Bedeutung.

## 5.6 Zusammenarbeit der Hochschulrechenzentren

Umfang und Komplexität der Anforderungen an das Rechenzentrum der Zukunft erzwingen angesichts der begrenzten Kapazitäten die Arbeitsteilung zwischen den Rechenzentren eines Landes und darüber hinaus.

Mit der Verfügbarkeit schneller Netze und zunehmender Fernkooperation der Wissenschaftler wird der Ort, an dem Server für bestimmte Anwendungsbereiche aufgestellt sind, sekundär. Damit wird aber auch die Arbeitsteilung und Kooperation zwischen den Hochschulrechenzentren nötig und möglich. Sie muß besonders im Hinblick auf die begrenzten maschinellen und gerade auch personellen Ressourcen ausgebaut werden. Es ist deshalb erforderlich, daß zwischen den Rechenzentren eines Landes die Aufgaben hinsichtlich der Bereithaltung bestimmter Hardware, Software und Fachkenntnis aufgeteilt werden und die Rechenzentren sich spezialisieren. Dazu ist eine landesweite Absprache notwendig.

Mittelfristig muß aber auch die länderübergreifende Kooperation enger werden. Ein besonderes Problem stellt dabei die Nutzung von Rechnern über die Landesgrenzen hinweg dar. Es ist dringend wünschenswert, daß die Länder Vereinbarungen treffen, die solche Nutzung ohne verwaltungsmäßige Erschwernisse für die Wissenschaftler ermöglichen. Ohne derartige Regelungen wird es nicht möglich sein, die Beschaffung von Höchstleistungsrechnersystemen auf wenige Exemplare zu begrenzen.

Aus dem Spannungsfeld zwischen Dienstleistung auf allen Niveaustufen und Einbindung neuester Techniken und Produkte in bestehende komplexe Systeme erwachsen technisch-wissenschaftliche Fragen und Herausforderungen eigener Art. Zu deren Bewältigung muß das Rechenzentrum möglichst eng in die Arbeit der Fachbereiche integriert werden. Um all diesen Anforderungen zu genügen, werden sich die Rechenzentren in Richtung auf Institute für praktische Informatik hin entwickeln müssen, die neben der Lösung der Alltagsprobleme die wissenschaftlichen Fragen des Rechnereinsatzes im Auge haben.

# III Betriebliche DV-Systeme in der Hochschule

Zur Versorgung der Hochschulen mit Datenverarbeitungskapazität zählt auch die DV-Unterstützung für die internen Dienstleistungen des Hochschulbereichs, nämlich für Bibliotheken, medizinische Versorgung in den Kliniken und die Hochschulverwaltung. Diese Datenverarbeitung für den Hochschulbetrieb folgt wegen der engen Verzahnung mit den Betriebsabläufen eigenen Regeln und bedarf der Behandlung in gesonderten Abschnitten.

## 6 Bibliotheken

### 6.1 Der Bedarf

Auf den verschiedenen institutionellen Ebenen der wissenschaftlichen Hochschulen sollten computergestützte Bibliothekssysteme für die Beschaffung, Erschließung und Ausleihe von Literatur eingesetzt werden. Dabei kann es sich um die zentrale Hochschulbibliothek, die Fachbereichsbibliotheken oder die Institutsbibliotheken handeln. In den regionalen und überregionalen Bibliotheksverbundzentren werden die Katalogisierungsdaten der Literatur vorgehalten. Die zentralen Hochschulbibliotheken und die dezentralen Bibliotheken übernehmen diese Daten für ihren eigenen Katalogisierungsbedarf; dadurch läßt sich der Aufwand einer Mehrfacherfassung gleicher Daten vermeiden. Voraussetzung hierfür ist eine Vernetzung der Bibliothekssysteme untereinander.

Wissenschaftliche Bibliothekssysteme haben künftig weitreichende Dienstleistungen für den Benutzer vorzuhalten. Dazu gehört zunächst die Fähigkeit, qualifizierte Literaturrecherchen in lokalen, überregionalen und internationalen Beständen anzubieten; daneben sollte die Fernleihe über ein Datenendgerät veranlaßt werden können. Außerdem muß im Regelfall der Zugang zu kommerziellen Informationsdatenbanken über das lokale Bibliothekssystem ermöglicht werden; dazu müssen computergestützte Abrechnungsverfahren in die Mittelverwaltung der Bibliothek einbezogen werden. Schließlich muß die Bibliothek ein multimediales Angebot für die Benutzer auf der Grundlage computergestützter Informationsspeicherung vorhalten. Dabei sollte Lehr- und Lernsoftware sowie audiovisuelle Information unter Verwendung von digitalen Bild- und Tonspeichermedien zur Verfügung stehen.

Der Zugang zu den Bibliotheksdiensten muß über den Arbeitsplatzrechner des Wissenschaftlers vorgesehen werden; die Studierenden benötigen einen vergleichbaren Zugang über die Ausbildungsgeräte in den öffentlich zugänglichen Räumen der Hochschulen. Voraussetzung dabei ist die Einbindung der Bibliothekssysteme in das Computernetz der Hochschulen.

### 6.2 Stand der Versorgung

In den Bibliotheken der Hochschulen werden gegenwärtig Anstrengungen unternommen, um moderne dialogorientierte Systeme einzuführen. Dabei wird versucht, durch die Konzentration auf wenige standardisierte Anwendersysteme das Entwicklungsrisiko und die Softwarekosten zu begrenzen. Hochschulbibliotheken sind regionalen und überregionalen Bibliotheksverbundsystemen angeschlossen. Bei der erforderlichen überregionalen Vernetzung bestehen noch Defizite.

Defizite in der Computerausstattung sind vor allem an kleineren Bibliotheken der Fachbereiche und der Institute zu verzeichnen. Weitergehende Dienstleistungen für Benutzer erfordern zusätzliche Mittel, z.B. die Erweiterung der Bibliothekssysteme als Anbieter für multimediale Informationen. Daneben sind Vorkehrungen erforderlich, um nationale und internationale Literaturrecherchen durchzuführen sowie den Zugang zu kommerziellen Informationsbanken zu eröffnen.

## 6.3 Die künftige Versorgung

In den Hochschulbibliotheken sind wegen der geforderten Betriebsverhältnisse zugunsten einer dauernden Verfügbarkeit dedizierte Computersysteme vorzusehen. Das Versorgungskonzept weist eine dreistufige Struktur auf, wobei Bibliotheksverbundzentren auf regionaler und überregionaler Ebene zentrale, kooperativ geführte Katalogdatenbanken vorhalten und über Vernetzung die lokalen Bibliotheken durch Datenangebote bei der Erfassung von Schriftgut und das Angebot von Informationsdienstleistungen für ihre Benutzer unterstützen.

Die Anwendersysteme sollen durch Nutzung von Standardsoftware oder durch Übernahme marktgängiger Systeme realisiert werden, wobei im Hinblick auf die Portabilität der UNIX-Kompatibilität der Vorzug zu geben ist. Wegen der außerordentlich hohen Entwicklungskosten sollten höchstens zwei bis drei konkurrierende Standardsoftwaresysteme im HBFG-Verfahren finanziell gefördert werden.

Alle Bibliothekssysteme sind in das Computernetz der Hochschule mit dem Ziel zu integrieren, vom Arbeitsplatzrechner der Wissenschaftler und der Studenten aus Dienstleistungen der Bibliothek in Anspruch zu nehmen. Für die Netzverbindungen im regionalen und im überregionalen Bereich sind daher zusätzliche Kosten der Installation und des Betriebs zu veranschlagen.

Schließlich sind die peripheren Speichereinrichtungen in Verbindung mit entsprechenden Servern unter Verwendung von Bildplattenspeichern derart auszubauen, daß multimediale Dienstleistungen über das Hochschulnetz angeboten werden können.

# 7 Medizinische Versorgung

## 7.1 Der Bedarf

Eine umfassende DV-Versorgung wird heute sowohl vom Krankenhausmanagement als auch vom ärztlichen und pflegerischen Personal erwartet. Die DV-Infrastruktur innerhalb der Krankenhäuser ist so weit auszubauen, daß Daten und Informationen, auch Text- und Bildinformationen, autorisierten Benutzern unter Wahrung der datenschutzrechtlichen Belange zeitgerecht und in verständlicher Form dort zur Verfügung stehen, wo sie benötigt werden. Das Krankenhausmanagement soll in der Lage sein, die für eine effiziente, wirtschaftliche Betriebsführung und für die Erfüllung gesetzlicher Auflagen benötigten Daten aus allen Bereichen des Klinikums zeitnah und in der benötigten Aggregationsform zu gewinnen. Das ärztliche und pflegerische Personal muß von unnötigen, repetitiven Arbeiten entlastet und bei der Patientenversorgung durch unmittelbare Zugriffsmöglichkeiten auf alle vorhandenen Patientendaten, auf Informationsdienste und wissenschaftliche Verfahren umfassend unterstützt werden. Die verfügbaren Daten müssen für qualitätssichernde Maßnahmen genutzt werden. Die DV-Anwendungen in den Krankenhäusern sind zu umfassenden Systemen für Informationsmanagement in allen Bereichen der Verwaltung und der klinischen Versorgung auszubauen. Diese Systeme müssen ein Höchstmaß an Verfügbarkeit und Datensicherheit aufweisen.

## 7.2 Stand der Versorgung

Der erreichte Stand der Versorgung ist in einzelnen Anwendungsbereichen der medizinischen Datenverarbeitung sehr unterschiedlich. Verfahren zur Patientendatenverwaltung sind in den Universitätskliniken im stationären Bereich verfügbar, realisiert fast ausschließlich auf Mainframe-Systemen, häufig als Eigenentwicklungen. Vielfach sind die Verfahren noch aufnahme-(fall-)orientiert, so daß die langfristige Speicherung von Patientendaten nicht unterstützt wird. Aus der Patientendatenverwaltung werden Patientendaten an die betriebsgebundenen Verfahren (Fakturierung, Finanzbuchhaltung etc.) sowie an klinische Subsysteme (Labor, Radiologie etc.) über in der Regel eigenentwickelte Schnittstellen weitergegeben. In einzelnen Kliniken werden heute bereits Leistungsdaten aus Subsystemen für Leistungserfassung und Abrechnung automatisch übernommen.

Betriebsgebundene Verfahren, insbesondere Finanzbuchhaltung, Anlagenbuchhaltung und andere Nebenbuchhaltungen sowie die Kosten-Leistungs-Rechnung, sind in allen Kliniken verfügbar. Vielfach werden innerhalb der Kliniken jedoch nur Daten erfaßt und zur Batch-Verarbeitung an zentrale Rechenzentren übergeben. Dialogorientierte Zugriffe auf Daten für die Betriebssteuerung sind dadurch häufig nicht zeitnah oder nur eingeschränkt möglich. Verfahren zur Unterstützung von Materialwirtschaft und Bestellwesen haben angesichts der Kostendiskussion zunehmend an Bedeutung gewonnen. Landesweite Konzepte zur Einführung integrierter Systeme für die betriebsgebundenen Verfahren wurden aufgestellt und werden realisiert.

Bei den klinischen Subsystemen sind vor allem Systeme für klinisch-chemische Labors, Radiologie, Pathologie, Mikrobiologie, Blutbank weiter verbreitet. Für diese Systeme werden marktgängige Produkte angeboten, vielfach bereits unter UNIX und mit modernen Datenbanksystemen. Systeme zur Speicherung, Verarbeitung und Übertragung von Bildern befinden sich noch im experimentellen Stadium.

Deutliche Defizite bestehen im Bereich der Kommunikation sowie bei der Unterstützung der ärztlichen und pflegerischen Tätigkeiten im Krankenhaus. Hier ist ein zunehmender Bedarf zu beobachten, der von marktgängigen Produkten derzeit nicht befriedigt wird.

In allen Kliniken werden umfassende Netze zur Verbindung von Funktionsbereichen, Leistungsstellen und Stationen aufgebaut bzw. entsprechende Konzepte entwickelt.

Viele der derzeit in Kliniken eingesetzten Systeme sind überaltert und müssen kurz- und mittelfristig ersetzt werden.

## 7.3 Die künftige Versorgung

Zwei konkurrierende Zielsetzungen charakterisieren die Versorgung eines Universitätsklinikums mit Rechnerkapazität.

- Die Qualität der Patientenversorgung, der Forschung und der Lehre muß auf möglichst hohem Niveau sichergestellt werden.
- Die betriebswirtschaftlichen Kosten sollen möglichst niedrig gehalten werden.

Beide Zielsetzungen werden durch den Aufbau klinikweiter Krankenhauskommunikations- und -informationssysteme unterstützt. Sie dienen der sachgerechten Wahrnehmung folgender Aufgaben in einem Klinikum:

- Patientenversorgung,
- Forschung und Lehre sowie der damit verbundenen
- Betriebssteuerung und Wirtschaftsführung.

Als Aufgaben- und Anwendungsbereiche seien im einzelnen genannt:

- Organisationsunterstützung (z.B. Leistungsanforderung, Leistungserfassung, Patienteneinbestellung),
- Informationsbereitstellung (z.B. Befundübermittlung, synoptische Datenaufbereitung, Bildverarbeitung),
- Entscheidungsunterstützung (z.B. Aufbereitung administrativer Daten entsprechend gesetzlicher Anforderungen, Informationspräsentation, Einsatz wissensbasierter Systeme für die Patientenversorgung).

Diese Systeme sollen als integrierte, offene Systeme mit weitgehend verteilter Verarbeitung nach dem Client-Server-Prinzip konzipiert sein, in denen funktionspezifische Aufgaben durch eigene, über Standardschnittstellen für die medizinische Kommunikation verbundene Server wahrgenommen werden.

An diese Server sind die kommunikationsorientierten Arbeitsplätze in Verwaltung, Kliniken, Funktionsbereichen und Leistungsstellen angeschlossen. Die Rechner sind über ein klinikeigenes, gegen Zugriff von außen besonders abgesichertes Netz verbunden, wobei dieses auch in der Lage sein soll, die zu erwartenden Anforderungen für Bildübertragung zu erfüllen.

Das Gesamtsystem - d.h. Hardware, Software, Netze und periphere Arbeitsplätze - ist so auszulegen, daß die Belange des Datenschutzes und der Datensicherheit erfüllt und die in Kliniken notwendige hohe Verfügbarkeit und Betriebssicherheit gewährleistet werden können. Das Versorgungskonzept soll aus den einschlägigen organisatorischen Forderungen die Anwendungssoftware ableiten, aus der Anwendungssoftware die Anforderungen an Systemsoftware und -hardware. Dabei sind langfristige technische Entwicklungen zu beachten.

Der Fortentwicklung und Ergänzung marktgängiger Systeme wird der Vorzug vor Neuentwicklungen gegeben. Neuentwicklungen sind dann als bedeutsam in Betracht zu ziehen, wenn neuartige Organisations- und Systemkonzepte entwickelt werden, mehrere Pilotanwender zur Verfügung stehen und der Softwareentwickler wesentliche Vor- oder Eigenleistungen zur Verfügung stellt. Für den Anwender sollten langfristig jeweils mehrere Entwicklungen verschiedener Anbieter als Alternativen zur Auswahl stehen.

Wissenschaftliche Anwendersysteme sollen von dem Versorgungssystem der Klinik getrennt betrachtet werden, wobei jedoch das Zusammenwirken mit dem Versorgungssystem sicherzustellen ist.

Konsistenz und Integrität der Daten sind durch ein umfassendes Krankenhausdatenmodell und einheitliche Datendefinitionen in einem zentralen Data Dictionary (Thesaurus) zu gewährleisten. Im Hinblick auf die Entwicklung der Datenbanktechnologie sind SQL-Schnittstellen und relationale und/oder objektorientierte Modelle mit Berücksichtigung multimedialer Daten vorzuziehen.

In allen Bereichen muß der Übergang zu offenen, marktgängigen Systemen im Vordergrund der weiteren Entwicklungen stehen. Die Ablösung veralteter, nicht in dieses Konzept einzuordnender Systeme ist einzuleiten. Dabei sind folgende Bereiche als Schwerpunkte anzusehen:

- der Ersatz fallorientierter Patientenverwaltungssysteme durch patientenorientierte Verfahren mit langfristiger Speicherung von Patientendaten,
- die Einrichtung dialogorientierter, integrierter Systeme für Betriebssteuerung und Krankenhausmanagement,
- der weitere Ausbau von klinikweiten, gegen Zugriffe von außen abgesicherten Netzen,
- die Einführung von Systemen zur Unterstützung der ärztlichen und pflegerischen Tätigkeiten,
- der Aufbau von umfassenden, alle Bereiche des Klinikums versorgenden Kommunikations- und Informationssystemen (KIS),
- die Beschaffung von funktionsorientierten Subsystemen einschließlich bildverarbeitender Verfahren mit Standardschnittstellen zu Patientenverwaltung, betriebssteuernden Verfahren und zu KIS,
- die Definition und Einführung von Standardschnittstellen.

Klinische Rechenzentren: Die Betreuung der klinischen DV-Versorgung wird durch klinische Rechenzentren wahrgenommen. Zu den Hauptaufgaben der klinischen Rechenzentren gehören die umfassende klinische DV-Versorgung im Sinne offener Systeme sowie die kontinuierliche Schulung der Mitarbeiter der Kliniken.

Weitere Aufgaben sind:

- die Systembetreuung der Klinik-Server,
- das Management der Kliniknetze,
- die Administration der Datenbanken,
- die organisatorische Betreuung von zentralen Funktionen wie Dictionary, Informationsdiensten etc.,
- die Beschaffung, Verteilung und Betreuung von PC-Systemen und Software,
- die Integration von Subsystemen der Abteilung und Unterstützung bei diesen Systemen.

Die Fachverantwortung für die klinischen Rechenzentren liegt bei den Instituten/Abteilungen für Medizinische Informatik. Dort sollten langfristig für die Leitung der klinischen Rechenzentren Professuren für angewandte Medizinische Informatik angestrebt werden.

Die personelle Ausstattung der klinischen Rechenzentren ist den zunehmenden Aufgaben durch Ausbau der klinischen DV-Versorgung, Netzmanagement, Datenbankadministration anzupassen.

## 8 Hochschulverwaltung

### 8.1 Der Bedarf

Wegen der großen Anzahl von Studierenden muß die Verwaltungsautomation in allen Verwaltungsbereichen der wissenschaftlichen Hochschulen umfassend eingeführt werden, um dadurch die gebotenen Rationalisierungsmöglichkeiten im Interesse einer Effizienzsteigerung auszuschöpfen. Zielsetzung ist ein integriertes computergestütztes Verwaltungssystem, das sowohl die zentralen Verwaltungsinstanzen als auch die dezentralen Verwaltungseinrichtungen auf Fachbereichs- und Institutsebene einschließt. Zum Funktionsumfang der Verwaltungsautomatisierung zählt zunächst die Büroautomation, insbesondere Textverarbeitung und Dokumentenverwaltung mit Anschluß an Datenübertragungseinrichtungen im regionalen und überregionalen Verbund. Dazu kommen Anwendersysteme für die Verwaltung von Finanzmitteln, Planstellen, Personal, Material, Gebäude sowie die computergestützte Betreuung der Gremienarbeit.

In das maschinelle Verwaltungssystem der Hochschule sind die Prüfungsämter einzubeziehen. Dabei müssen Anwendersysteme für die Verwaltung der Studienleistungen im Vor- und Hauptstudienabschnitt, für die Erstellung von Benachrichtigungen, Bescheinigungen und Urkunden, für die Organisation der Prüfungen und die Kontrolle des Studienverlaufs zum Einsatz kommen.

## 8.2 Stand der Versorgung

Die Versorgung der Hochschulen mit computergestützten Verwaltungssystemen ist durch Heterogenität und deutliche Defizite im Funktionsumfang gekennzeichnet. An den meisten Hochschulen werden proprietäre Rechenanlagen für die Studentenverwaltung eingesetzt; die Softwaresysteme werden in verschiedenen Varianten von der HIS (Hochschul-Informationen-Systeme GmbH) geliefert. In jüngster Zeit werden zunehmend UNIX-Systeme eingesetzt; dies gilt insbesondere für Neuausstattungen. An sehr vielen Hochschulen fehlen integrierte und funktionell umfassende Anwendersysteme; Standardisierung und Portabilität der Software müssen außerdem verbessert werden.

Besonders gravierende Lücken in der Versorgung mit EDV-Systemen sind auf der Ebene der Fachbereiche und Institute zu beklagen. Hier fehlen die Hardwaresysteme für den Verwaltungsbereich ebenso wie Softwaresysteme, deren Entwicklung mit hohen Investitionskosten verbunden ist. Eine für den Einsatz von standardisierten Anwenderprogrammen bedeutsame Schwierigkeit ergibt sich aus den Unterschieden in den Verfahrensweisen und Verfahrensabläufen der einzelnen Verwaltungen und Prüfungsämter. Daher entstehen erhöhte Kosten für die Anpassung der Anwendersysteme am jeweiligen Einsatzort.

## 8.3 Die künftige Versorgung

Die Verwaltungsautomatisierung erfordert wegen der speziellen Betriebsverhältnisse und wegen des Datenschutzes dedizierte EDV-Systeme. An größeren Hochschulen sind zweistufige Versorgungsstrukturen zweckmäßig, wobei eine zentrale Computeranlage mit übergreifenden Funktionen und dezentrale Systeme für die Verwaltungseinheiten der Fachbereiche und Prüfungsämter vorzusehen sind. Alle Teilsysteme sind zunächst mit dem zentralen DV-System vernetzt. Die Vernetzung kann durch Nutzung des Computernetzes der Hochschule erfolgen; allerdings müssen qualifizierte Verfahren des Datenschutzes eingesetzt werden, um eine sichere Trennung zwischen hochschulöffentlicher Kommunikation und Verwaltungskommunikation zu erreichen. Wo der Datenschutz gefährdet sein kann, ist auch ein separates Kommunikationsnetz für die Verwaltung in Erwägung zu ziehen.

Die Anwendersysteme sollten als portable Standardsoftware für eine UNIX-Umgebung spezifiziert sein. Als Datenbasis sind Datenbanksysteme mit standardisierten Schnittstellen zu wählen, um die Portabilität auf der Grundlage der Datenbankschnittstelle zu gewährleisten.

Einzelne EDV-Systeme können als Mehrplatzsysteme oder als eine Konfiguration aus vernetzten Arbeitsplatzrechnern entsprechend dem Client-Server-Prinzip ausgeführt werden. Bestimmend für die Systemgestaltung sollten Kosten und Betriebsverhalten im gegebenen Anwendungsfall sein. Schließlich ist anzustreben, die Sekretariate der Institute und Lehrstühle unter Beachtung des Datenschutzes an die Verwaltungssysteme durch Computervernetzung anzuschließen.

Sämtliche Teilsysteme sind auf der Grundlage gemeinsamer Datenbanksysteme zu gestalten. Die Integration der dezentral aufgestellten DV-Anlagen wird mit Hilfe der Computervernetzung erreicht, dabei ist insbesondere auf die Belange des Datenschutzes zu achten. Ein vordringliches Ziel der Vernetzung besteht darin, eine Mehrfacherfassung von Daten einzusparen und Teile des Briefverkehrs durch maschinelle Datenkommunikation zu ersetzen.

# IV Zusammenfassung

## 9 Empfehlungen

### Forschung und Lehre

- 1 Jede Hochschule sollte ihre Vorstellungen von der Deckung ihres Bedarfs an maschinellen und personellen DV-Leistungen in einem Versorgungskonzept formulieren. Dieses Konzept soll von der Vorstellung einer modernen verteilten Datenverarbeitung ausgehen. Vernetzungen sollen, wo immer sie sinnvoll sind, auf der Grundlage des Client-Server-Prinzips und des Einsatzes offener Systeme vorgenommen werden. Der Grundbedarf der wissenschaftlichen Anwender an maschinellen Dienstleistungen soll dabei am Ort des Anwenders selbst gedeckt werden. Für den Spitzenbedarf sind geeignete zentrale Ressourcen zu planen. Das Verhältnis der Aufwendungen für die dezentrale und für die zentrale Rechnerausstattung ist den örtlichen und sich wandelnden Verhältnissen anzupassen.
- 2 Für den Übergang von dem heutigen Zustand zu dem im Versorgungskonzept angestrebten, insbesondere für den Übergang von den heute noch vorherrschenden proprietären Systemen zu offenen Systemen, benötigt jede Hochschule einen Migrationsplan. Hierbei ist vor allem Gewicht auf die künftige Zuordnung von Verantwortung, Personal und Mitteln zu legen.
- 3 Länder und Hochschulen müssen sich verstärkt um den Abschluß kostengünstiger Softwarelizenzen bemühen, um die steigenden Beschaffungskosten zu begrenzen. Die Folgekosten, insbesondere auch der Aufwand für die Betreuung der Software, müssen durch klare Regelung der Zuständigkeiten innerhalb der Hochschulen und durch rationelle Organisation der Abläufe eingedämmt werden. Gleichwohl darf keine einengende Vereinheitlichung der Anwendungssoftware die Forschung behindern.
- 4 Die Wissenschaft der Bundesrepublik benötigt in den kommenden vier Jahren ein bis zwei Höchstleistungsrechner der größten international in der Forschung zum Einsatz kommenden Leistungsklasse. Hierzu sind Vereinbarungen über Investition, Betrieb, Nutzung und deren Steuerung zwischen den Bundesländern nötig.
- 5 Die Ausstattung der Hochschulen mit Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechnern (WAP) muß zur Deckung des Grundbedarfs dringend beschleunigt werden.
- 6 Das CIP muß im bisherigen Rahmen weiter gefördert werden. Systeme für die fachspezifische Ausbildung der Studenten müssen den Standards für Forschung und Einsatz in der Wirtschaft entsprechen, d.h., sie erfordern die gleiche Ausstattung, vor allem auch industrieübliche Softwaresysteme.
- 7 Es sind verstärkte Anstrengungen notwendig, um die Hochschulnetze als unerläßliche Voraussetzung des kooperativen Versorgungssystems so leistungsfähig wie möglich auf- und auszubauen. Es ist dringend notwendig, die Hochschulrechenzentren mit Planung und Betrieb der Hochschulnetze, insbesondere auch dem Netzmanagement und der Fehlerlokalisierung zu beauftragen. Es ist dringend notwendig, daß die Kosten der Hochgeschwindigkeitsnetze in eine für die Hochschulen tragbare Größenordnung kommen.
- 8 Es sollten Maßnahmen getroffen werden, um den Erwerb eigener Rechner durch die Studenten zu fördern. Es wäre wünschenswert, für die Hochschulen einen Pool von Arbeitsplatzrechnern bereitzustellen, aus dem Studenten für einzelne Veranstaltungen, für einzelne Semester oder für ihr Studium Rechner leihen können.

- 9 Die Aufgaben der Hochschulrechenzentren müssen im Hinblick auf das verteilte, kooperative Versorgungskonzept neu festgelegt werden. Hierbei muß für jeden ihrer vier Aufgabenbereiche
- Betrieb zentraler Ressourcen,
  - Betrieb des Netzes,
  - Kompetenzzentrum und
  - Unterstützung der Hochschule bei Planung, Standardisierung und Koordination
- die Aufteilung der Verantwortung zwischen dem Hochschulrechenzentrum, den Instituten und anderen Organisationseinheiten der Universität den neuen Verhältnissen angepaßt werden. Die Stellenpläne der Hochschulrechenzentren müssen auf die neuen Aufgaben ausgerichtet werden.

## Bibliotheken

- 10 Die Hardwareausstattung auf Fachbereichs- und Institutsebene sollte kurzfristig verbessert werden, so daß dort, wo noch manuelle Systeme eingesetzt sind, beschleunigt computergestützte Verfahren angewandt werden können. Durch Vernetzung der bestehenden Systeme mit den Computernetzen muß der Zugang zu den Bibliotheken über die bereits vorhandenen Arbeitsplatzrechner der Hochschulen ermöglicht werden. Die Bibliotheken werden aufgefordert, künftig ihre Dienstleistungen in Richtung auf Recherche-möglichkeiten und das Angebot von multimedialen Informationen zu erweitern.

## Medizinische Versorgung

- 11 In der medizinischen Versorgung muß die Unterstützung von Krankenhausmanagement, ärztlichen, pflegerischen und funktionsspezifischen Bereichen insbesondere durch die Einführung umfassender Krankenhauskommunikations- und -informationssysteme weiter ausgebaut und verbessert werden.
- Im Vordergrund der weiteren Entwicklungen steht dabei der Übergang zu offenen, marktgängigen Systemen mit Standardschnittstellen. Veraltete, in ihrer Nutzungsfähigkeit begrenzte und in offene Konzepte nicht einzuordnende Systeme sind abzulösen.
- Die personelle Ausstattung der für die klinische DV-Versorgung zuständigen klinischen Rechenzentren ist den zunehmenden Aufgaben beim Ausbau der Versorgung, der Schulung, des Netzwerkmanagements und der Administration von Daten-, Informations- und Wissensbanken anzupassen.

## Verwaltung

- 12 Für den weiteren Ausbau der Verwaltungssysteme sind die dezentralen Verwaltungseinheiten einschließlich der Prüfungsämter mit Hardware- und Softwaresystemen auszustatten. Die Kommunikation innerhalb der Verwaltung soll durch Vernetzung der EDV-Systeme verbessert werden. Zur Erschließung weiterer Anwendungsgebiete muß der zur Zeit sehr begrenzte Funktionsumfang der vorhandenen Verwaltungssoftwaresysteme kurzfristig erweitert werden. Schließlich sollte die Entwicklung integrierter Anwendersysteme auf der Grundlage der Datenbanktechnologie, des UNIX-Standards und des Client-Server-Prinzips gefördert werden.

# Anhang

## Verzeichnis wichtiger Begriffe und Abkürzungen

Die hier aufgeführten Begriffe sollen dem Leser, der mit der Datenverarbeitung nicht sehr vertraut ist, das Verständnis des Textes erleichtern. Es handelt sich nicht um wissenschaftliche Definitionen.

ATM:	Asynchroner Transfermodus (für Datenübertragung mittels Leitungen).
BACKBONE:	Kernstück ('Rückgrat') eines Netzwerkes; auf diesem Teilstück eines Netzes ist in der Regel die höchste Geschwindigkeit bei der Datenübertragung möglich.
BATCH-VERARBEITUNG:	Betriebsart eines Rechnersystems, bei der die Aufträge vollständig gestellt sein müssen, bevor mit ihrer Ausführung begonnen wird. Der Benutzer kann eine begonnene Ausführung, außer durch Abbrechen, nicht mehr beeinflussen.
BICMOS:	(bipolar complementary metal oxyd semiconductor) Kombination von CMOS und ECL.
BIT:	Binärzeichen oder Maßeinheit für Informationsmenge.
BRIDGE:	Gerät zur Verbindung von Netzwerken mit in der Regel gleicher Technologie.
BUSSYSTEM:	Sammelleitungssystem, über welches Daten zwischen Rechnern oder Rechnerkomponenten ausgetauscht werden.
BYTE:	Informationseinheit, bestehend aus 8 Bit.
CACHING:	Speicherung von Daten und Befehlen in einem schnellen Pufferspeicher (Cache-Speicher) zwischen dem Arbeitsspeicher und dem Rechnerkern zum Verkürzen der Zugriffszeiten.
CD-ROM:	(compact disc read only memory) Bildplattenspeicher, der beim Herstellvorgang beschrieben und vom Benutzer nur gelesen werden kann. Datenträger ist die allgemein bekannte CD = Compact Disc.
CIP:	Computer-Investitions-Programm.
CISC-PROZESSOR:	(complex instruction set computer) Prozessor mit einem umfangreichen Satz komplexer Befehle, wie er bei konventionellen Rechnern üblich ist.
CLIENT-SERVER-PRINZIP:	Prinzip einer Arbeitsteilung zwischen Rechnern, bei der Server-Rechner Dienstleistungen wie z.B. Rechenleistung oder Speicherplatz für andere Rechner oder Prozesse (Clients) bereitstellen. Dieses Prinzip führt zu einer Steigerung der Effizienz, da jeder Rechner nur die Leistung erbringt, für die er besonders gut geeignet ist.
CMOS:	Complementary Metal Oxyd Semiconductor.
COMPILER:	Übersetzer für höhere Programmiersprachen.
CRT:	Cathode Ray Tube.
DAT:	Digital Audio Tape.

DAT-BANDLAUFWERK:	Bandlaufwerk für DAT-Kassetten (digital audio tape). Die Kassetten enthalten üblicherweise ein 4-mm-Band mit einer Kapazität von 2 Gigabyte.
DESK TOP PUBLISHING:	Eine hochentwickelte Form der Textverarbeitung in Buchdruckqualität.
DQDB:	(distributed queue dual bus) Übertragungsverfahren hoher Geschwindigkeit.
ECL:	Emitter Coupled Logic.
ELECTRONIC MAIL, E-MAIL:	(Elektronische Post) Computerunterstützte Kommunikation mit anderen Benutzern.
ETHERNET:	Eine spezielle Netzwerktechnologie. Die Datenübertragungsgeschwindigkeit beträgt dabei 10 Mbit/s.
FDDI-TECHNOLOGIE:	(fiber distributed data interface) Auf Glasfaserkabel basierende Übertragungsart, durch die eine Datenübertragungsgeschwindigkeit von mehr als 100 Mbit/s erreicht werden kann.
FENSTERTECHNIK:	Deutsche Bezeichnung für Window-System, siehe X-Window-System.
FILE:	Datei.
FTAM:	File Transfer Access and Management.
GaAs-TECHNOLOGIE:	Gallium-Arsenid-Technologie.
GATEWAY:	Kommunikationsrechner zur Verbindung unterschiedlicher Rechnetze.
Gbit/s:	Gigabit (1 Milliarde bits) pro Sekunde.
ISDN:	(integrated services digital network) Genormtes, öffentliches, universelles, digitales Netz, bei dem über einen einzelnen Anschluß verschiedene frei wählbare Dienste angeboten werden.
LOAD-STORE-ARCHITEKTUR:	Rechnerarchitektur, bei der alle Operationen auf Daten in Prozessorregistern ausgeführt werden. Eine Ausnahme davon bilden lediglich das Laden von Daten aus dem Arbeitsspeicher in ein Register (load) und das Speichern von Daten aus einem Register in den Arbeitsspeicher (store).
MAINFRAME:	Universalrechner der mittleren bis oberen Leistungsklasse, meist mit proprietärem Betriebssystem.
MAN:	Metropolitan Area Network.
MASSIV PARALLELES SYSTEM:	Parallelrechner mit sehr vielen, mindestens einigen hundert, Prozessor- und Speicherelementen.
MAUS:	Bewegliche Steuereugel, mit der der Positionsanzeiger (Cursor) auf dem Bildschirm bewegt wird und durch die Markierungen vorgenommen werden können.
Mbit/s:	Megabit (1 Million Bits) pro Sekunde.
MIKROPROGRAMME:	Programme im Rechnerkern zur Ausführung von Maschinenbefehlen.
MIPS:	Millionen Instruktionen pro Sekunde; pauschales Leistungsmaß für Rechner.

NETWORK FILE SYSTEM:	(NFS) Softwaresystem zur Unterstützung des gemeinsamen Zugriffs mehrerer Benutzer auf Dateien und Kataloge innerhalb eines Netzwerkes.
NFS:	Network File System.
ODP:	Open Distributed Processing.
OFFENES SYSTEM:	System mit weitestgehendem Einsatz von Standards oder de facto-Standards auf allen Ebenen nach innen und nach außen. Ein solches System hat folgende Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die eigenen Schnittstellen sind auf vorhandene und zu erwartende Normen ausgerichtet.</li> <li>• Neue und daher zunächst herstellerspezifische Schnittstellen werden für andere Hersteller offengelegt.</li> <li>• Das System kann mit offenen Systemen anderer Hersteller kooperieren.</li> <li>• Komponenten in Hardware und Software von verschiedenen Herstellern können gemischt werden.</li> <li>• Die Anwenderprogramme sind ebenfalls offen gestaltet, d.h., sie sind leicht zwischen offenen Systemen verschiedener Hersteller lediglich durch eine Neucompilierung übertragbar. Zur Zeit repräsentiert UNIX die Idee der offenen Systeme am vollständigsten.</li> </ul>
OSI:	(open systems interconnection) Standard für die Kommunikation offener Systeme.
PARALLELRECHNER:	Rechnersystem aus mehreren Prozessor- und Speicherelementen, mit dem sich mehrere gleiche oder verschiedene Teile eines Programms gleichzeitig bearbeiten lassen.
PIPELINING:	Verfahren, bei dem jeder Rechnerbefehl in Verarbeitungsabschnitte aufgespalten und für jeden dieser Abschnitte eine eigene Verarbeitungseinheit bereitgestellt wird. Die Befehle durchlaufen dann zeitlich gegeneinander versetzt die Verarbeitungseinheiten, die damit gleichzeitig von verschiedenen Befehlen belegt sind. Dies ist das Verfahren der Fließbandarbeit.
PULL-DOWN-MENÜ:	Form der Bildschirmdarstellung, die die Auswahl von Vorgängen durch einfachen Tastendruck ermöglicht.
RISC-PROZESSOR:	(reduced instruction set computer) Prozessor mit einem reduzierten Satz einfacher Befehle und sehr vielen Datenregistern.
RJE:	Remote Job Entry.
RPC:	(remote procedure call) Aufruf von Programmen, die in anderen Rechnern ablaufen.
ROUTER:	Rechner zur Verbindung verschiedener Netzwerke mit der Fähigkeit, den Weg zwischen zwei Knotenpunkten zu ermitteln.
SERVER:	Spezialisierte Rechner; siehe Client-Server.
SQL:	(structured query language) Strukturierte Sprache zur Abfrage von Datenbanken.

STREAMER:	Bandlaufwerk für Magnetbandrollen oder Magnetbandkassetten, bei dem die Magnetbänder ohne Halt mit hoher Geschwindigkeit beschrieben oder gelesen werden.
TCP/IP:	(transfer control program / internet protocol) Netzwerkprotokoll, das im Bereich der UNIX-Systeme weit verbreitet ist.
TIME-SHARING-BETRIEB:	Betrieb eines Rechners mit mehreren angeschlossenen Benutzerstationen, von denen aus Aufgaben unabhängig voneinander abgewickelt werden können.
TOKEN-RING-NETZE:	Ringförmig angeordnetes Netzwerk mit einer speziellen Zugriffsregelung.
TRANSPUTER:	Spezieller Mikroprozessor mit integrierter Kommunikationshardware, der sich als Bauelement für einen Parallelrechner verwenden läßt.
TTL:	Transistor-Transistor-Logik.
UNIX:	In der Programmiersprache C geschriebenes weit verbreitetes Betriebssystem.
UUCP:	(unix-to-unix copy) Programmpaket für die Kommunikation zwischen Rechnern mit Unix-Betriebssystemen.
VEKTORRECHNER:	Rechnersystem und Hardware zur schnellen Bearbeitung von Vektoren. Es ist durch Pipelining in der Lage, mehrere Operationen gleichzeitig zu bearbeiten.
WAP:	Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner.
WIN:	Wissenschaftsnetz des Vereins Deutsches Forschungsnetz.
WORKSTATION:	Leistungsfähiger Arbeitsplatzrechner.
X-WINDOWS-SYSTEM:	Standardisierte, graphische Benutzeroberfläche, welche in getrennten Feldern eines Bildschirms die gleichzeitige Ausführung mehrerer Programme organisieren kann.