

Zur Ausstattung
der Hochschulen in der
Bundesrepublik Deutschland
mit Datenverarbeitungskapazität
für die Jahre 1988 bis 1991

Kommission für Rechenanlagen
der Deutschen Forschungsgemeinschaft



**Zur Ausstattung der Hochschulen
in der Bundesrepublik Deutschland
mit Datenverarbeitungskapazität
für die Jahre 1988 bis 1991**

**Empfehlungen der
Kommission für Rechenanlagen
Deutsche Forschungsgemeinschaft**

Herausgegeben von
der Deutschen Forschungsgemeinschaft
Bonn, Januar 1988

Druck:
Bonner Universitäts-Buchdruckerei

Inhalt

Seite

Vorwort	5	
1	Bedeutung der Datenverarbeitung für die Hochschulen	6
2	Anwendung von Datenverarbeitungsanlagen	12
2.1	Anwendung der Datenverarbeitung in verschiedenen Disziplinen, derzeitige Ausstattung und weitere Entwicklung	12
2.1.1	Wirtschaftswissenschaften	12
2.1.2	Gesellschafts- und Kulturwissenschaften	13
2.1.3	Ingenieurwissenschaften	14
2.1.4	Naturwissenschaften	17
2.1.5	Medizin	18
2.1.6	Informatik	19
2.1.7	Hochschulverwaltung/Organisation/Bibliotheken	20
2.2	Entwicklungen von DV-Systemen	21
2.3	Datenverarbeitung in ausgewählten, speziellen Sachgebieten	22
2.3.1	Automatisierungstechniken und wissenschaftliche Systeme	22
2.3.2	Simulationstechnik für verschiedene Anwendungen	23
2.3.3	KI-Technik für verschiedene Anwendungen	24
2.3.4	Geisteswissenschaftliche Arbeitsverfahren	26
3	Derzeitiger Stand der DV-Versorgung und Personalsituation	28
3.1	Rechner an den wissenschaftlichen Hochschulen und Fachhochschulen	28
3.1.1	Rechner an den wissenschaftlichen Hochschulen	28
3.1.2	Rechner an Fachhochschulen	29
3.2	Personelle Ausstattung zum Betrieb von DV-Anlagen, zur Benutzerberatung und zur Methodenentwicklung an den wissenschaftlichen Hochschulen und Fachhochschulen	29
3.3	Stand der Vernetzung	30
3.3.1	Stand der hochschulinternen Netzverbindungen	30
3.3.2	Überregionale Rechnernetze in der Bundesrepublik	31
4	DV-Systeme für die Lehre an Hochschulen	32
4.1	Grundkenntnisse	32
4.2	Generelle Fortbildungsstufe	33

4.3	Fachspezifische Anwendungen	33
4.4	Computer-Investitions-Programm	34
4.4.1	Zielsetzung	34
4.4.2	Ergebnisse	35
5	Vorschlag für eine Struktur der DV-Versorgung an den Hochschulen	36
5.1	Benötigte Rechenmöglichkeiten	36
5.1.1	Ausbildungsplätze und Arbeitsplätze	36
5.1.2	Fachorientierte Anforderungen für Arbeitsplätze	36
5.1.3	Technische Gestaltungsmöglichkeiten	36
5.2	Gemeinsam genutzte Rechnersysteme (Bereichsrechner)	37
5.3	Rechenzentren	38
5.3.1	Hochschulebene	38
5.3.2	Regionale und überregionale Ebene	38
5.4	Erforderliche Rechnernetze	39
5.5	Neue organisatorische Formen	40
6	Technische und organisatorische Aspekte der Anwendung und des Betriebs von DV-Anlagen	41
6.1	Konzeptionelle Aspekte	41
6.2	Steuerung der Nutzung	42
6.3	Anlagenwartung und -betreuung	42
6.4	Softwareversorgung	43
6.5	Personelle Aspekte	44
7	Finanzielle Aufwendungen	46
7.1	Bisherige jährliche Aufwendungen zur Beschaffung von Rechnern	46
7.2	Im Planungszeitraum erforderliche Aufwendungen für Investitionen	46
7.2.1	Höchstleistungsrechner zur Versorgung mehrerer Hochschulen	46
7.2.2	Hochschulweite Gemeinschaftsanlagen in Rechenzentren	48
7.2.3	Bereichsrechner, Spezialrechner	48
7.2.4	Rechnergestützte Arbeitsplätze für Studenten	49
7.2.5	Rechnergestützte Arbeitsplätze für Wissenschaftler	51
7.2.6	Netze	53
7.2.7	Zusammenfassung des Bedarfs an Investitionsmitteln	53

Vorwort

Ohne die Anwendung der Methoden der automatischen Datenverarbeitung ist erfolgreiche Forschung und Lehre in nahezu allen Disziplinen der Wissenschaft heute nicht mehr möglich. Der Umfang ihrer Nutzung steigt ständig, ebenso das Vordringen dieser neuen methodischen Möglichkeiten in Anwendungsgebiete, welche der Datenverarbeitungstechnik bisher verschlossen waren.

Werden Geräte und Methoden der Datenverarbeitung selbstverständliches Hilfsmittel für Ausbildung und Beruf, so muß in den Hochschulen sichergestellt sein, daß die Ausbildungs- und Arbeitsplätze über einen Rechnerzugang verfügen.

Die Kommission für Rechenanlagen der Deutschen Forschungsgemeinschaft legt zum dritten Mal ihre Empfehlungen zur Ausstattung der Hochschulen mit DV-Kapazität vor, zwei Empfehlungen für die Jahre 1980 bis 1984 sowie für 1984 bis 1987 gingen voraus.

In diesem Zusammenhang muß auch auf das 1987 erschienene Netzmemorandum hingewiesen werden.

Durch ihre langjährige Tätigkeit, z. B. bei der Erarbeitung der Empfehlungen an den Wissenschaftsrat für die von den Bundesländern vorgelegten Anmeldungen zur Beschaffung von DV-Anlagen nach dem Hochschulbauförderungsgesetz (HBFG) und durch ihre Stellungnahmen zu den DV-Geräten, die in den Förderungsverfahren der DFG beantragt werden, kann die Kommission für Rechenanlagen auf eine Fülle von Erfahrungen und Fachwissen zurückgreifen, wie sie auf dem DV-Sektor sicher bei keinem anderen Gremium im Hochschulbereich vorhanden ist. Dies gibt den Empfehlungen Gewicht, und ich wünsche mir, daß Bundes- und Länderministerien, aber auch die Hochschulen, diese Empfehlungen bei ihren Planungen berücksichtigen und alle Anstrengungen unternehmen, die dafür notwendigen finanziellen Mittel bereitzustellen.

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



Prof. Dr. Hubert Markl

Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

1 Bedeutung der Datenverarbeitung für die Hochschulen

Die Kommission für Rechenanlagen der Deutschen Forschungsgemeinschaft legt hiermit die dritte Empfehlung zur Ausstattung der Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland mit Datenverarbeitungskapazität vor. Diese Empfehlung ist Nachfolgerin der beiden vorangegangenen Schriften „Bedarf an Investitionsmitteln zur Beschaffung von Datenverarbeitungsanlagen für die Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1980 – 1984“ und „Zur Ausstattung der Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland mit Datenverarbeitungskapazität für die Jahre 1984 – 1987“.

Seit Erscheinen der ersten Empfehlungen hat die Bedeutung des Rechnereinsatzes in fast allen Bereichen der Wirtschaft, der öffentlichen Verwaltungen, des täglichen Lebens und in der Wissenschaft so stark zugenommen, daß die Auswirkungen der seinerzeit schon erkennbaren Entwicklung nunmehr auch in das breite öffentliche Bewußtsein eingedrungen sind. Die physische und funktionelle Allgegenwart des Computers, vom Mikrorechner bis zum Superrechner, ist zumindest in den Industrienationen zu einem wesentlichen Hilfs- und Antriebsmittel vielfältiger Aktivitäten geworden. Die wissenschaftliche Arbeitswelt ist von den Möglichkeiten und Chancen des Rechnereinsatzes stark betroffen. Die ureigenste Zielbemühung wissenschaftlicher Tätigkeit, neue Erkenntnisse zu gewinnen, diese zu ordnen, in wiederbenutzbarer Weise darzustellen, zu konservieren und weiterzugeben, hat in der Datenverarbeitung ein Hilfsmittel gefunden, das qualitativ und quantitativ ohnegleichen ist. Der Rechner ist in vielen Disziplinen von einem einfachen Hilfsmittel für einzelne Teilaufgaben zu einem generellen Werkzeug für geistige Arbeit geworden. Auf dem Wege von der Grund-Datenverarbeitung zur eigentlichen Informationsverarbeitung ist die Wissenschaft Nutznießer und forschender Entwickler zugleich.

Der Besitz von algorithmisch anspruchsvollen Programmen und der Zugang zu leistungsfähigsten Rechenanlagen sind im internationalen Wettbewerb mitentscheidend, um neueste Methoden in möglichst vielen Einzeluntersuchungen anwenden zu können. Methoden der Informationsverarbeitung sind heute zu einem mächtigen Hilfsmittel im wissenschaftlichen Wettbewerb geworden; dies trifft in jüngster Zeit auch auf die Geisteswissenschaften zu.

Die breite Durchdringung vieler Wissenschaftszweige mit Verfahren der Informationsverarbeitung ist zum wichtigsten methodischen Phänomen geworden, dem sich die Universitäten heute gegenübersehen.

Einige wichtige Anwendungsschwerpunkte des Rechnereinsatzes sind:

- Simulationen oder Modellrechnungen anstelle des Experiments oder ergänzend zu ihm, gerade auch in solchen Fächern, deren Forschungsobjekte sich teilweise

der mathematisch formalisierenden Beschreibung entziehen, wie die Biologie und ihre Anwendungen in Agrar- und Forstwirtschaft.

- Steuerung von Experimenten, charakteristisch für alle experimentierenden Fächer.
- Kombination grafischer, konstruktiver und organisatorischer Methoden in den CAD/CAM-Systemen der Ingenieurfächer.
- Rechnersteuerung integrierter Fertigungssysteme.
- Visualisierung komplexer Informationen wie in Bildgewinnungssystemen oder direkte Ausgabe von Simulationsergebnissen in Bewegtbildern. Als Beispiel sei das Verhalten ökologischer Systeme genannt.
- Einsatz hochempfindlicher Sensorik zur Bilderkennung, zum Beispiel in Anwendungen aus den Geowissenschaften oder der Biologie und besonders der Medizin.
- Unterstützung der Konzeption und Beschreibung komplexer Modelle geometrischer Objekte.
- Bearbeitung von Texten als Objekten geisteswissenschaftlicher Forschung, zum Beispiel automatische Erzeugung von Hilfsmitteln der stilistischen Analyse wie Frequenzlisten und Konkordanzen, Erstellung von Wörterbüchern, rechnergestützte Verfahren der Texterschließung (Freitextretrieval), kritische Textedition.
- Wissenschaftliches Publikationswesen, beginnend bei der Texterstellung wissenschaftlicher Veröffentlichungen (einschließlich diakritischer Zeichen und Formeln) über die Integration von Grafik (Bilder, Diagramme und dergleichen) bis zur Erzeugung der fertigen Druckvorlage.
- Hochschulweite Bereitstellung von Bibliotheksinformation.

Neben dem Rechnereinsatz für Forschungsaufgaben gewinnt die Verwendung in der Lehre über alle Fachrichtungen hinweg eine immer stärkere Bedeutung. Dies wird eindrucksvoll durch den Erfolg unterstrichen, den das 1984 von Bund und Ländern beschlossene Computer-Investitions-Programm CIP an allen Hochschulen gezeigt hat; keine Einzelmaßnahme der letzten Jahre hat eine vergleichbare Effizienz und Breitenwirkung erzielt. Damit wurde eine tragfähige Grundlage für eine breitenwirksame Versorgung der Hochschulen mit DV-Leistungen für die Lehre gelegt. Es ist von entscheidender Bedeutung, daß der Wissenschaftler von morgen eines seiner wichtigsten Werkzeuge schon heute im Studium zu beherrschen lernt. Das bisherige CIP stellt allerdings nur einen Anfang dar, es konnte den Mangel an Ausbildungsplätzen zwar mildern, aber noch nicht beheben.

Funktionell und geräteseitig hat sich an unseren Hochschulen ein mehrstufiges Versorgungskonzept für die Rechneranwendung herausgebildet, das sich in seiner

finanziellen und kapazitiven Effizienz bewährt hat. Es muß, mit gewissen Schwerpunktsetzungen, weiter ausgebaut werden. Die finanziellen Aufwendungen im Rahmen des Hochschulförderungsgesetzes und der DFG-Förderung haben sich nach dem Tiefpunkt von nur 67 Mio. DM im Jahre 1982 in den letzten Jahren wie folgt entwickelt:

1983 – 92 Mio. DM

1984 – 140 Mio. DM

1985 – 132 Mio. DM

1986 – 238 Mio. DM

Dazu kommen für 1985 und 1986 noch je ca. 61 Mio. DM aus dem CIP. Diese Zusammenstellung läßt erkennen, daß Bund und Länder die außerordentliche Bedeutung der Informationsverarbeitung für die Hochschulen erkannt haben und gewillt sind, dieses auch volkswirtschaftlich entscheidende Hilfsmittel in steigendem Maße zu unterstützen. So wurden durch die Gesamtaufwendungen in den Jahren 1985 und 1986 die in den letzten Kommissionsempfehlungen als absolutes Minimum zur Abwendung von Dauerschäden angesehenen Investitionsvolumina erstmals seit deren Erscheinen überschritten. Die Bundesrepublik muß sich dem Vergleich mit datenverarbeitungs-technologisch fortgeschrittenen Ländern wie den USA, Japan und England stellen.

In den USA sind an einer ganzen Reihe von Universitäten bereits heute viele Datenverarbeitungsdienste in integrierter Form vorhanden. So besteht Zugriff auf Rechenleistung, Datenbanken und Bibliotheken vom Arbeitsplatz aus; mehrere akademische Netze ermöglichen landesweiten Zugriff. An einer Anzahl von Universitäten verfügt der Student normalerweise über einen eigenen PC und hat Zugang zum hochschuleigenen Kommunikationsnetz, wobei einige Universitäten von den Studenten Programmierkenntnisse sowie die individuelle Beschaffung eines PC bereits als Studienvoraussetzung fordern. Zum Teil haben Studenten schon von ihrem Wohnbereich aus Zugang zu einem lokalen Netz. Im Rahmen des CIP ist dagegen in Deutschland nach Abschluß des Programms Ende 1988 erst ein Arbeitsplatz pro 100 Studenten vorgesehen.

Die National Science Foundation errichtet gegenwärtig ein neues breitbandiges Netz, das zunächst für den Zugriff auf die im Aufbau oder im Betrieb befindlichen Zentren für Höchstleistungsrechner eingesetzt werden soll. Die Nutzung datenverarbeitungsgestützter Dienste wie Datenbanken und die einfache Weitergabe theoretischer und experimenteller Ergebnisse bis hin zur gemeinsamen Dokumentenbearbeitung prägt zunehmend den Arbeitsstil der Wissenschaftler. Das Schritt halten mit dieser Entwicklung ist ein Erfordernis für jede Industrienation.

Die Einschätzung der großen Bedeutung der Informationsverarbeitung wird in den US-Spitzenuniversitäten durch das Amt eines Vice President for Information Technology evident. Eine breite und intensive Kooperation mit der Industrie im Bereich der Informationsverarbeitung hat zu der schon erwähnten guten Geräteausstattung geführt und wird rasch weiter ausgebaut. Ein ähnliches Engagement

der deutschen Industrie erscheint selbst bei großer Anstrengung wegen der begrenzten Marktvolumina kaum möglich.

Für Japan ist charakteristisch, daß die Industrie in sehr großem Umfang den Universitäten die jeweils neuesten und fortgeschrittensten Datenverarbeitungsgeräte zur Verfügung stellt. Die dadurch bei Forschern und Studierenden ausgelöste Stimulation ist in ihrer längerfristigen Auswirkung gar nicht hoch genug einzuschätzen.

Die Bemühungen in England zeichnen sich durch eine besonders intensive und breit angelegte Beschaffung und Benutzung von Mikrorechnern als Arbeitsplatzrechner aus, die sehr früh eingesetzt hat. Ein Wissenschafts- und Forschungsnetz wird bereits seit Jahren intensiv genutzt. Jahrelange, gut geplante Bemühungen um die mehrstufige Datenverarbeitungsversorgung tragen bereits Früchte.

Der Schwerpunkt von Maßnahmen zur Installierung von Mikrorechnern liegt in Frankreich seit Beginn der 80er Jahre in den Schulen der Primar- und Sekundarstufe. Durch mehrere, in kurzen Abständen aufeinanderfolgende Programme sind bis 1984 etwa 20000 Mikrorechner installiert worden. Das Programm „Informatique pour Tous“ strebte an, alle öffentlichen Bildungseinrichtungen bis Ende 1985 mit Mikrorechnern in einer Relation Geräte pro Schüler bzw. Studenten auszustatten, wie es der Versorgung in den Vereinigten Staaten von Amerika, Großbritannien und Japans entspricht. Insgesamt sollen weitere 120000 Mikrorechner mit Kosten von umgerechnet rund 200 Millionen Dollar an öffentlichen Schulen und Universitäten installiert werden.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Datenverausstattungs der Hochschulen der Bundesrepublik international zwar einen der vorderen Plätze einnimmt, sich aber der Abstand zu anderen Ländern, wie den USA und Japan, nicht verringert hat.

Charakteristisch ist für die deutschen Hochschulen die Tatsache, daß zwar sehr vereinzelt die eine oder andere Spitzenausstattung vorhanden ist, aber eine ausreichende Anhebung des allgemeinen Ausstattungsniveaus in der Breite fehlt.

Aus diesem Grunde müssen schon allein zur Aufrechterhaltung der wissenschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit die Datenverausstattungs aufwendungen in den kommenden Jahren weiter erheblich gesteigert werden. Dabei sind folgende Finanzierungsschwerpunkte zu setzen:

- Die Weiterführung von Maßnahmen zur Bereitstellung von Kleinrechnern für die studentische Grundausbildung für alle Hochschuldisziplinen (CIP) ist über 1988 hinaus erforderlich. Die Nutzung leistungsstärkerer Arbeitsplatzrechner für die fortgeschrittene fachspezifische Studentenausbildung muß in der Breite begonnen werden. Dabei ist ein gestuftes Vorgehen, beispielsweise in Abhängigkeit von der bereits erreichten Durchdringung der entsprechenden Fachdisziplinen mit Datenverausstattungs nutzung in Grundlagenausbildung und Forschung sowie der benötigten beruflichen Praxis, zu erwägen.
- Von entscheidender Bedeutung für die internationale wissenschaftliche Wettbe-

werbsfähigkeit der Hochschulforschung ist die Bereitstellung von Hochleistungs-Arbeitsplatzstationen für die forschenden Wissenschaftler (Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner), einschließlich der rechnergestützten Experimentsteuerung.

- Aufwendungen für den Ersatz und die Ergänzung der Ausrüstung von Hochschulrechenzentren mit Universalrechenkapazität einschließlich der Zentralrechner an Fachhochschulen sollten mindestens im bisherigen Umfang gemacht werden.
- Die Bereitstellung von Spezial- und Höchstleistungsrechenkapazität (z. B. Vektorrechnereinrichtungen, Parallelrechner) für eine regional ausgeglichene, bedarfsgerechte Versorgung ist systematisch fortzusetzen.
- Von existentieller Bedeutung für die Hochschularbeit ist der Aufbau schneller universitätsinterner und interuniversitärer Datenkommunikationsnetze. Mit der Schaffung eines breitbandigen nationalen Wissenschaftsnetzes ist sofort zu beginnen. Im überörtlichen Bereich wird voraussichtlich die Realisierbarkeit der sachlich erforderlichen intensiven Netznutzung durch die Hochschulen weitgehend von der Postgebührensituation bestimmt werden.
- Die Verfügbarkeit von hochwertiger Software ist ebenso wichtig wie das Vorhandensein leistungsfähiger Rechner. Für die kontinuierliche Versorgung mit derartiger Software müssen wesentlich mehr Mittel bereitgestellt werden als bisher. Hier kommt Sammellizenzen von langer Laufzeit eine besondere wirtschaftliche Bedeutung zu.
- Das von der Kommission für Rechenanlagen nachdrücklich begrüßte Wachstum der Datenverarbeitungsinvestitionen erfordert zur sinnvollen Nutzung erhebliche Anstrengungen im personellen Bereich und neue Ansätze bei der Lösung des Folgekostenproblems (Materialverbrauch, Kommunikationskosten, Kosten der Wartung und des technischen Betriebes der Maschinen).

Die Darlegungen in den folgenden Kapiteln beruhen auf den vom Wissenschaftsrat verabschiedeten Empfehlungen zur Datenverarbeitungsversorgung der Hochschulen vom 22. 5. 1987 und auf eigenen Arbeitsergebnissen der Kommission. In vielen Punkten stellen sie eine Ausgestaltung der Empfehlungen des Wissenschaftsrates dar.

Wie schon mit den vorangegangenen Empfehlungen will die Kommission für Rechenanlagen wieder dazu anregen, die Hochschulen besser mit dem Hilfsmittel Informationsverarbeitung auszustatten. Nicht alle erforderlichen Maßnahmen können mit der wünschenswerten Vollständigkeit ausführlich behandelt werden, selbst wenn diese von wesentlicher Bedeutung sind; so wird auf die Probleme der Folgekosten, der Lenkungsmechanismen zur Verteilung vorhandener DV-Leistung oder auf Möglichkeiten überregional koordinierter Softwarebeschaffung nur teilweise oder berichtend eingegangen.

Eine ständig steigende Diversifizierung und Verbreitung der Anwenderwünsche infolge eines bisher nicht gekannten Aufschwungs der Halbleitertechnologie macht es zwangsläufig immer schwieriger, die technischen Entwicklungen vorauszusagen. Trotzdem zeigen die vorliegenden Empfehlungen die wichtigen Anwendungsnotwendigkeiten auf und leiten daraus die Höhe der für die wichtigsten Anwendungsgebiete benötigten finanziellen Mittel ab. Ohne die Bereitstellung dieser Mittel ist es nicht möglich, Lehre und Forschung in erforderlichem Umfang zu betreiben.

Die Hochschulen stehen an der Schwelle des Durchbruchs der Informationsverarbeitung in die volle Breite der Fächer mit einer unvergleichlichen Diversifizierung in notwendige, neue wissenschaftliche Anwendungen. Angesichts der Höhe der für notwendig gehaltenen Mittel muß man sich dies stets vor Augen halten.

2 Anwendung von Datenverarbeitungsanlagen

2.1 Anwendung der Datenverarbeitung in verschiedenen Disziplinen, derzeitige Ausstattung und weitere Entwicklung

2.1.1 Wirtschaftswissenschaften

In nahezu allen Gebieten der Wirtschaftswissenschaften werden in Forschung und Lehre computergestützte Verfahren eingesetzt und neue DV-Methoden entwickelt.

In der Volkswirtschaftslehre bilden die Methoden der Statistik und Prognose typische Einsatzschwerpunkte. Dazu kommt die Simulation komplexer ökonomischer Systeme zur Überprüfung wirtschaftspolitischer Maßnahmen im nationalen wie internationalen Maßstab. Neben der reinen Rechenleistung wird hier die grafische Ergebnisaufbereitung benötigt.

Mit der Einführung des Faches Wirtschaftsinformatik (Betriebswirtschaftliche Datenverarbeitung) im Rahmen der Betriebswirtschaftslehre wurde nicht nur den Forderungen des Arbeitsmarktes nach Absolventen entsprochen, zugleich gingen von dieser Maßnahme weitreichende Impulse für den DV-Einsatz in Lehre und Forschung aus. Die Entwicklung von Modellen für computergestützte Informationssysteme der Industrie, des Handels und Banken und Versicherungen zählt ebenso zu den Forschungsaufgaben der Betriebswirtschaftslehre wie die Beschäftigung mit den Verfahren der computergestützten Unternehmensplanung. Im Mittelpunkt des aktuellen Interesses steht die Material- und Produktionswirtschaft unter den Randbedingungen hoch automatisierter Betriebsstätten (Computer Integrated Manufacturing). Daneben sind organisatorische, gestalterische und planerische Probleme der Büroautomation zu nennen sowie die Anwendung von Ergebnissen der KI-Forschung auf betriebliche Probleme in Gestalt von Experten- und Diagnosesystemen.

In der Forschung, besonders in der Wirtschaftsinformatik, sind die Angehörigen des Lehrkörpers wie die Studenten auf die Terminals der Universitätsrechenzentren oder die Geräte der CIP-Pools auch außerhalb der regulären Nutzungszeiten angewiesen. Eine Ausstattung der Institute und Lehrstühle mit individuellen Computer-Arbeitsplätzen für die Wissenschaftler fehlt in der Regel.

Auf betrieblicher Ebene stehen Fragen der automatischen Fertigung im Vordergrund. Die Integration von technischer Planung und betriebswirtschaftlicher Organisation, Steuerung und Kontrolle erfordert neue Ansätze zur Beherrschung komplexer Systeme. Die betriebliche Automatisierung wird sich über die Unternehmensgrenzen hinweg fortsetzen und eine enge Computervernetzung zwischen Lieferanten, Kunden und Produzenten bewirken. Der Entwicklung von Verfahren

zur automatischen Kommunikation zwischen autonomen Computersystemen kommt dabei besondere Bedeutung zu.

Einen weiteren Entwicklungsschwerpunkt bildet das Gebiet der Büro- und Verwaltungsautomatisierung im Rahmen der Zielsetzung des „papierlosen Bürobetriebs“. Organisation und Technik der Verwaltungsverfahren sind zu untersuchen und an die neuen technologischen Möglichkeiten anzupassen. Interne und externe Bürokommunikation ist in den Dienst der Informationsverwaltung und des Informationsmanagements zu stellen.

2.1.2 Gesellschafts- und Kulturwissenschaften

Abgesehen von den Sozialwissenschaften, die traditionell die computergestützten quantitativen Methoden der Statistik einsetzen, kann in den Gesellschafts- und Kulturwissenschaften von einem systematischen Computereinsatz noch nicht gesprochen werden; dies gilt gleichermaßen für Lehre und Forschung. Im Vordergrund des Interesses stehen derzeit vor allem die Verfahren der Text- und Wissensverarbeitung sowie die maschinelle Herstellung und Nutzung von Hilfsmitteln für die Forschung, wie z. B. umfangreiche Thesauri und Wörterbücher. Damit im Zusammenhang stehen oft komplizierte Teilprobleme wie die Verarbeitung und Darstellung beliebiger Schriftzeichen oder die Kombination von Bildern mit Texten.

Außer dem Zugang zu den Maschinen der Universitätsrechenzentren ist eine eigenständige Hardwareausstattung kaum vorhanden. Die speziellen Anforderungen der Text- und Wissensverarbeitung werden in der Regel von den Maschinen der Rechenzentren nicht erfüllt. Als zweckmäßig erweisen sich leistungsfähige Computer-Workstations mit spezialisierter Peripherie wie z. B. Scanner, hochauflösende Drucker und magnetische bzw. optische Speichermedien für größte Datenmengen. Auch in den Bereichen der Sozialwissenschaften und der Erziehungswissenschaften ist zusätzlich zu den bislang schon verwendeten Terminals zum Rechenzentrum eine Ausstattung mit Arbeitsplatzcomputern im Hinblick auf das künftige Berufsfeld der Absolventen notwendig. Im Bereich der Erziehungswissenschaften und der Sprachwissenschaften werden im Zusammenhang mit grafikfähigen Arbeitsplatzcomputern die Methoden des computergestützten Unterrichts weiterentwickelt. Insbesondere eröffnet die Verwendung farbiger und bewegter Bilder neue Wege der Wissensvermittlung.

Grundsätzlich kommt der Wissensverarbeitung und Wissensrepräsentation im Bereich der Kulturwissenschaften eine überragende Bedeutung zu. Neben der computergestützten Handhabung umfangreicher Textdaten wird die Adaption von Ansätzen und Verfahren der KI-Forschung für die Forschungsgebiete Sprachübersetzung, Texterschließung, Textanalyse oder kritische Textedition eine überragende Bedeutung gewinnen.

2.1.3 Ingenieurwissenschaften

Die Datenverarbeitung hat in den Ingenieurwissenschaften als ein heute unentbehrliches Werkzeug einen hohen Anwendungsstand erreicht. Die inhaltliche Orientierung der Ingenieurarbeit verlangt hohe Rechenleistung auf Hoch- und Höchstleistungsrechnern und für interaktionsintensive Arbeitsgänge auf auch leistungsstarken Arbeitsplatzrechnern.

Die Beschaffung von Vektorrechnern und anderen Höchstleistungsrechnern in einigen Bundesländern hat die Versorgung mit Rechenleistung zumindest vorerst für einzelne Hochschulstandorte nach Qualität und Quantität wesentlich verbessert. Die Akzeptanz dieses Angebots war in den Ingenieurwissenschaften außerordentlich gut. Der Forschung in diesem Bereich wurden viele Fragestellungen erst auf diese Weise neu erschlossen. Durch fortschreitende Anpassung der Berechnungsverfahren an die Parallelverarbeitung wird sich der Trend zur vermehrten Nutzung von Höchstleistungssystemen noch intensiv fortsetzen. Die bisher geschaffene Kapazität reicht in vielen Fällen bereits jetzt nicht mehr aus.

Eine schnelle Zunahme der DV-Anwendung findet aber gleichzeitig auch bei den Arbeitsplatzrechnersystemen besonders im CAD/CAM-Bereich statt. Während vernetzte Arbeitsplatzrechner und PC-Systeme vielfach Instituts-Minirechnersysteme ersetzen, ist bisher kein Trend zu erkennen, daß sich ein größerer Teil der Nachfrage von den Großrechnern zu den lokalen Systemen verlagert. Im Gegenteil dürften mit der Verbesserung der Kommunikation zwischen diesen beiden Ebenen die Möglichkeiten noch zunehmen, mit lokal erstellten Datensätzen und Programmen ein Großsystem für intensive Rechenabläufe in Anspruch zu nehmen.

Wichtige Veränderungen zeichnen sich für die nächsten Jahre auch bereits für Organisation und Orientierung der ingenieurwissenschaftlichen DV-Ausbildung ab. Es sind an vielen Stellen curriculare Änderungen in Vorbereitung, die auf eine Neuorientierung der DV-Grundausbildung, Vermehrung des DV-Fächerangebots im Hauptstudium und auf Einrichtung neuer, informationstechnischer Studiengänge hinarbeiten. Von diesen Maßnahmen ist eine erhebliche Verbesserung von Qualität und Umfang der DV-Ausbildung der Ingenieure, aber auch mindestens eine Verdoppelung des Bedarfs an Rechenkapazität für die Lehre zu erwarten, von dem ein bedeutender Teil auf Arbeitsplatzrechnern befriedigt werden kann.

Die Rechnerversorgung auf den verschiedenen Bedarfsebenen hat im Ingenieurbereich gegenwärtig folgenden Stand erreicht:

Universalrechner und Höchstleistungsrechner

Bei den Vektorrechnern und Universalrechnern partizipieren die Ingenieurwissenschaften an der Nutzung der auf Universitäts- bzw. Landesebene jeweils verfügbaren Leistungen und Kapazitäten.

Bereichsrechner

Der Anteil von Bereichsrechnersystemen, die früher für die Versorgung einzelner Institute oder kleinerer Fachbereiche geeignet waren, zeigt an vielen Standorten abnehmende Tendenz.

Arbeitsplatzrechner

Die Ausstattung der Wissenschaftler und Studenten mit Arbeitsplatzrechnersystemen ist auch in den Ingenieurwissenschaften trotz spürbarer Verbesserung durch das CIP noch in den Anfängen.

Spezielle Anforderungen stellen im Ingenieurbereich die Arbeitsplätze für CAD/CAM-Systeme und CIM. Sie erfordern eine leistungsfähige Peripherie, zunehmend mit Farbdisplays, und schnelle Prozessoren. Die Entwicklung geht für einen wichtigen Teil dieses Bedarfs zu Lösungen im gehobenen PC-Bereich, möglichst mit Kopplungen an andere Hostrechner. Für Anwendungen, die sich auch an den aktuellen Anforderungen der Industrie orientieren müssen, sind jedoch nach wie vor Rechnersysteme einer hohen Leistungsklasse erforderlich, die gewöhnlich einer größeren Nutzergruppe zur Verfügung stehen und in diesem organisatorischen Sinne als Bereichsrechner zu behandeln sind.

Für manche Anwendungen im Bereich der Echtzeitsimulation, Automation usw. sind heute hinsichtlich von Bildschirmauflösung und Rechengeschwindigkeit noch technologische und ökonomische Grenzen gesetzt, die jedoch durch die technische Entwicklung der Endgeräte allmählich fortfallen dürften.

Prozeßrechner

Für Prozeßrechnersysteme werden in zunehmendem Maße auch Komponenten aus der PC-Welt mit offenen Schnittstellen verwendet. Entsprechende Software, besonders für die Versuchsauswertung im Labor, steht noch nicht in genügendem Umfang zur Verfügung.

Kommunikationsmittel

Ein großer Nachholbedarf besteht an den Hochschulen ohne Zweifel noch in der Ausstattung mit Kommunikationsmitteln auf allen Ebenen.

Erfahrungen mit Vorhaben wie DFN und EARN haben gezeigt, daß sich auch für die Ingenieurwissenschaften durch moderne Rechnerkommunikation umfangreiche neue Anwendungsgebiete erschließen lassen. Es gilt, hier in nächster Zeit die angebotenen öffentlichen Datenkommunikationsmittel (wie DATEX-P, ISDN, ...) dem Hochschulbereich auf ökonomisch vertretbare Weise verfügbar zu machen.

Ingenieurausbildung an Fachhochschulen

Die Ausstattung der Fachhochschulen mit DV-Systemen für den Ingenieurbereich hat zwar in der letzten Zeit Fortschritte gemacht, bleibt aber noch immer hinter

den Ausbildungszielen zurück. Fachhochschul-Ingenieure erhalten infolge apparativer Engpässe bisher erst selten die notwendige praxisnahe DV-Ausbildung, die auch Erfahrungen mit aktuellen CAD/CAM-Systemen einschließt.

Software

Die Qualität und Stabilität der in der Praxis und im Softwaremarkt verfügbaren Software für Ingenieuranwendungen, besonders im CAD/CAM-Bereich, hat inzwischen ein hohes Niveau erreicht, so daß Eigenentwicklungen von vollständigen CAD-Systemen an den Hochschulen kaum noch erforderlich oder sinnvoll sind. Hier kommt dem Erwerb von Campus- oder Landeslizenzen und Maßnahmen des Softwareaustausches zunehmende Bedeutung zu.

Auf verschiedenen Gebieten im Ingenieurbereich sind bereits folgende besondere Bedarfsentwicklungen zu erkennen:

CAD/CAM und CIM

Die technische Entwicklung wird sich noch intensiv fortsetzen. Anpassung an neue Rechner- und Endgerätegenerationen, Anwendung verteilter Daten- und Methodenbanken, Durchgriff auf Hochleistungsrechner, Kommunikation über Rechnetze, Integration von Teilsystemen für CIM-Zwecke, verbesserte Nutzeroberflächen sind einige wichtige Ziele der Weiterentwicklung.

Robotik

Besonders hohe Anforderungen an zukünftige DV-Systeme stellen die Weiterentwicklungen der Robotik. Fragen der Simulation, Bahnoptimierung, Programmierung und Steuerung von Fertigungsrobotern oder ähnlichen Systemen sind anspruchsvolle Aufgaben der Datenverarbeitung, für die z. T. noch neuartige Lösungen zu erarbeiten sind. Die Ausstattung der Arbeitsplätze stellt hier auch weiterhin hohe Anforderungen.

Verteiltes Rechnen

Um die neuen Möglichkeiten des Rechnens in verteilten Systemen auch für die Ingenieuranwendungen weiter zu erschließen, sind wichtige Grundlagen für die Standardisierung von Schnittstellen zwischen Anwendungssystemen und für die Telekooperation zwischen Wissenschaftlern zu erarbeiten.

Wissensbasierte Systeme

Angeregt durch Erkenntnisse aus dem Arbeitsgebiet der Künstlichen Intelligenz müssen wissensbasierte Systeme entwickelt werden, um allgemeines Basiswissen und das Wissen einzelner Spezialisten in Produktentwicklungssystemen allgemein verfügbar zu machen. Auch die Methoden der Softwareentwicklung, die sich in diesem Zusammenhang stärker zum Anwender verlagern, erfahren durch Anwendung eines wissensbasierten Ansatzes eine tiefgreifende Neuorientierung.

2.1.4 *Naturwissenschaften*

In den Naturwissenschaften kommen zum traditionell intensiven Einsatz in der Physik, Chemie und Mathematik neue breite DV-Anwendungen, z. T. gekennzeichnet durch neue Begriffe für entsprechende Disziplinen wie ‚computational science‘, ‚computational physics‘, ‚computational chemistry‘ oder ‚computer-aided drug design‘ (CADD), ‚computer-integrierende Chemie‘ (CIC) und Schlagworte wie ‚molecular dynamics‘ (MD) und ‚molecular modelling‘. Generell handelt es sich bei den Anwendungen um die Lösung komplizierter mathematischer Gleichungen, Steuerung von Experimenten, Auswertung von Meßdaten, Zugriff auf Faktenbanken und in vermehrtem Maße um wirklichkeitsnahe Simulation von komplexen Prozessen in der Natur.

In der Physik erfolgen Auswertungen oft im länderübergreifenden Verbund mit Messungen an Beschleunigern. Die computergestützte theoretische Physik, insbesondere der Bereich der Gittereichtheorien, ist in den letzten Jahren durch die Verfügbarkeit von Höchstleistungsrechnern stark ins Blickfeld geraten. Der große mathematische Problemkreis der Nichtlinearität, welcher häufig seinen Ursprung in Anwendungsgebieten der Biologie, Chemie und Physik hat, benötigt intensiven DV-Einsatz, ebenso wie die ‚experimentelle Mathematik‘, bei der die Theorieentwicklung und praktische Erprobung Hand in Hand gehen. Die theoretische Chemie, speziell die numerische Quantenchemie, hat seit 30 Jahren eine Vorreiterrolle beim Computereinsatz gespielt und liefert heutzutage quantitative Moleküldaten, welche oft Messungen ersetzen. Bei der Syntheseplanung, speziell in der organischen Chemie, werden bereits industriell auf Faktenbanken basierende Programme eingesetzt. Im Grenzbereich zwischen Chemie/Physik/Technik liegt die Modellierung von Verbrennungsvorgängen, welche eine besonders aktuelle DV-Anwendung darstellt. Die Lösung der hydrodynamischen Grundgleichungen sowie Parametrisierungsschemata dienen in der Meteorologie der Simulation atmosphärischer Prozesse; in der Grundlagenforschung führt dies zur Klimasimulation und zur Erkenntnis hydrodynamischer Zusammenhänge, in der angewandten Forschung z. B. zu Modellen für die Ausbreitung von Luftverunreinigungen. Ähnliche Simulationen von Ausbreitungsvorgängen findet man auch in anderen Gebieten.

Der Stand der maschinellen Ausrüstung hat sich vorwiegend an finanziellen Vorgaben sowie der Verfügbarkeit einer zentralen Rechenanlage orientiert. Man findet einen sehr heterogenen Maschinenpark, der oft nach dem Motto „Zugang zu dem, was immer greifbar“ entstanden ist. Ein typisches Beispiel ist die theoretische Chemie, bei der oft vergleichbare (selbst entwickelte bzw. modifizierte) Programme auf dedizierten Rechnern mittlerer Größe, dem Universalrechner des Hochschulrechenzentrums sowie auf Zusatzprozessoren und Höchstleistungsrechnern laufen. Länderübergreifende Projekte wie beispielsweise die Auswertung von Beschleunigerdaten in der Physik benötigen wegen der zentral geschriebenen und erwarteten Software oft die gleiche Hardwareausstattung, die dann als fachspezifischer Rechner eines Instituts auftritt. Ein Anschluß an das Hochschulrechenzen-

trum ist im allgemeinen vorhanden. Es besteht ein reger internationaler Datenverkehr über Netze, besonders EARN.

Die Simulationsanwendungen erfordern oft Höchstleistungsrechner, die länderübergreifend genutzt werden. Einige Fachdisziplinen (theoretische Physik, theoretische Chemie) streben ein dediziertes Höchstleistungsrechenzentrum an, an welchem auch die modernste Software auf dem jeweiligen Gebiet für die Forscher zur Verfügung gestellt werden soll.

Insgesamt ist der Ist-Zustand wenig befriedigend; die wichtigen grafischen Arbeitsplätze fehlen in allen Bereichen. Vernetzungsmöglichkeiten der Arbeitsplatzrechner mit den Hochschulrechenzentren sind oft unzureichend; dedizierte Anlagen mittlerer Größe sind häufig überaltert.

Falls eine entsprechende Finanzregelung erreichbar ist, werden im täglichen Betrieb on line Literatur- und Faktenrecherchen sowie die Benutzung der elektronischen Post zur Routine werden. Die Computersteuerung von Experimenten wird ihre Bedeutung behalten, doch schon heute weiß man, daß ein Teil der Experimente besser durch Computersimulation bzw. durch numerische Lösung komplizierter Gleichungen ersetzt werden kann. Dies geht schon so weit, daß im Bereich der Pharmazie die computergestützte Auswertung von Struktur-Wirkungs-Beziehungen zu einer Reduzierung von Tierversuchen führen kann.

2.1.5 Medizin

Der Einsatz der DV-Technik in der Medizin ist an allen in Frage kommenden Hochschulen durch sehr unterschiedliche Konzeptionen, Intensität und Ausbreitung der gegebenen Möglichkeiten gekennzeichnet. Im Vordergrund des Einsatzes der DV stand bisher die Krankenversorgung und die damit verbundene Administration wie Patientenverwaltung, Rechnungswesen, Inventar- und Materialverwaltung einschließlich der Medikamente. Hier sind nicht immer vollständig integrierte Lösungen feststellbar, insbesondere sind die Anwendungstiefen sehr unterschiedlich.

Die Anwendung von durchgängigen On-line-Verfahren ist nur an wenigen Stellen zu finden, viele Abfrageverfahren werden auch heute noch mit Stapelprozeduren durchgeführt; viele Klinika müssen zudem ihre Daten an Zentralstellen zur Weiterverarbeitung geben. Dialognetzverbindungen sind oft aus Kostengründen praktisch nicht gegeben. Eher als Ausnahme erfolgt die Durchführung durch medizinische Rechenzentren unter Leitung von Medizin-Informatikern als Dienstleistung für die Administration.

Neben den Anwendungen im Bereich der Administration finden sich ähnlich unterschiedliche Ausbreitungen auf dem Gebiet z. B. der Laborautomation, der Nuklearmedizin, der Intensivüberwachung von Patienten, der Bakteriologie, der Blutbank und der Bestrahlungsplanung etc. Hier sind teilweise gute Einzellösungen erkennbar.

Bei den mehr theoretisch arbeitenden Fächern erfolgt der Einsatz von DV-

Technik vor allem zur Meßwerterfassung sowie zur Biosignalverarbeitung und entsprechenden Auswertung.

Bei Entwicklung und Betrieb von Registersystemen, wie Tumorregister, Transplantationsregister, Giftauskunftszentralen, Register für chronisch Kranke, Literatursammlungen, findet die DV mit unterschiedlicher Tiefe breitere Anwendung. Die Entwicklung von Krankenhausinformationssystemen als Aufgaben der wissenschaftlichen Forschung ist nur vereinzelt vorhanden; vorhandene Anwendungen sind oft unkoordiniert entstandene Insellösungen, die in Zukunft eine Vernetzung erschweren werden.

In den letzten Jahren findet sich auch in der Medizin eine Hinwendung zum PC, vor allem im Hinblick auf den Wunsch nach Anwendung der Textverarbeitung im Sinne von Sekretariatstätigkeiten und der Absicht, die eigenen Daten aus Versuchen und Patientenversorgung selbst auswerten zu können. Auch hier ist nur selten ein übergeordnetes Prinzip für eine Einheitlichkeit unter dem Gesichtspunkt einer späteren Vernetzung feststellbar. (In dieser Betrachtung wurden keine medizinischen Großgeräte mit umfangreichen DV-Teilen, wie sie z. B. bei MR- oder CT-Anlagen vorliegen, berücksichtigt.)

Eine der Hauptaufgaben der nächsten Zeit ist der Ausbau der zuvor dargestellten Anwendungen. Dabei muß der Dialogbetrieb verstärkt werden; vorhandene Insellösungen müssen in einem Gesamtkonzept zu Netzwerken verbunden werden. Hierbei soll ein Zentralrechner als Server zur Datenhaltung und für aufwendige Auswertungssysteme dienen.

Die Bildverarbeitung und Übertragung von Bildern besonders aus digitalen Bildgebungsverfahren werden in der nächsten Zukunft erheblich an Bedeutung gewinnen. Dazu sind u. a. hohe Übertragungsraten auf entsprechenden Netzen erforderlich.

2.1.6 Informatik

Die wachsende wirtschaftliche Bedeutung der Informatik und die sehr gute Aufnahme der Diplom-Informatiker am Arbeitsmarkt haben zu einer zweiten Ausbauphase der Hochschulinformatik geführt. Gegenwärtig gewinnt zusätzlich das Nebenfachstudienangebot in Informatik für Studenten aller Fachrichtungen starkes bildungspolitisches Interesse.

Bis Anfang/Mitte der achtziger Jahre dominierte in der Informatik die Nutzung zentraler Rechenkapazitäten, die im Stapel- und Dialogbetrieb benutzt wurden. Die Informatikrechner wurden ausschließlich für die Forschung und fortgeschrittene Lehre benutzt, die Grundausbildung der Informatiker erfolgte bevorzugt auf den Anlagen des Universitätsrechenzentrums. Für die Fachhochschulen standen in der Regel allenfalls kleinere Rechner für die praktische studentische Ausbildung zur Verfügung.

Der zukünftige qualitative und quantitative Bedarf an Rechner- und Kommunikationsleistung in der Forschung wird durch die nach wie vor stürmische fachliche Expansion der Informatik bestimmt, während in der Lehre ein zentraler Faktor das

Schritthalten in der Ausbildungsqualität mit den Forderungen des Arbeitsmarktes ist. Es gehört zu den Aufgaben eines Informatikstudiums, praktische Erfahrung in den neuesten Rechner-, Software- und Kommunikationstechnologien zu gewinnen, um eine aufwendige Nachschulung zu vermeiden. Einfachere Arbeitsplatzrechner (PC-Type) werden nach vorliegenden Erfahrungen bereits heute von den Studenten aus eigenem Interesse privat beschafft.

Der gerätetechnische Bedarf der Informatik in der Forschung wird durch die Tatsache bestimmt, daß eine wissenschaftliche Tätigkeit in der Informatik ohne individuelle Hochleistungs-Arbeitsplatzrechner im Netzverbund schon in naher Zukunft kaum noch vorstellbar ist.

Ein besonderes Problem für die Informatik stellt die Verfügbarkeit kommerziell verwendeter Softwarepakete dar. Informatikforschung und -lehre benötigt Zugriff zu einem außerordentlich breiten Softwarespektrum höchster Qualität. Diese Software ist in der Regel nur auf dem professionellen Softwaremarkt verfügbar und sehr teuer. Bei der heutigen, auf den Einzelrechner abgestellten Lizenzpolitik entstehen bei einer Massennutzung eines Softwareprodukts, z. B. in einem Praktikum auf vielen Rechnern, nicht tragbare Aufwendungen.

Grundlage für die Gesamtversorgung eines Informatikfachbereiches und seiner örtlichen und überörtlichen Verbindungen wird das Konzept eines flächendeckenden dienstorientierten Informationsverarbeitungssystems auf der Basis eines leistungsfähigen Kommunikationsnetzes mit einer sehr großen Zahl von Anschlüssen sein.

Mit dem Aufbau besonders fortgeschrittener Verbundsysteme kann die Informatik auch Pilot- bzw. Schrittmacherdienste für die Weiterentwicklung der gesamten Hochschulrechner- und Kommunikationsversorgung leisten.

2.1.7 Hochschulverwaltung/Organisation/Bibliotheken

Die Verwaltungsinstanzen der Hochschulen und Universitäten (einschließlich der Hochschulklinika) weisen gravierende Defizite im Bereich der Verwaltungsautomation auf. Eine wesentliche Voraussetzung für die Rationalisierung der Verwaltungstätigkeiten ist die Installation von Bürokommunikationsnetzen innerhalb der Hochschulen. Zugleich ist eine umfassende maschinelle Datenerfassung zur Bereitstellung verlässlicher Planungsgrundlagen für die Hochschulpolitik, die Struktur- und die Stellenplanung der einzelnen Institutionen anzustreben. Grundsätzlich muß dafür Sorge getragen werden, daß Dienstleistungsangebote der Verwaltung für den dezentralen Zugriff vorgehalten werden. Angesichts der hohen Studentenzahlen ergeben sich für die Fachbereichsverwaltungen, Dekanate, Institutsverwaltungen und Prüfungsämter schwerwiegende Probleme, weil Büro-Computersysteme und geeignete Verwaltungsprogramme fehlen.

Bei der maschinellen Unterstützung der Bibliotheksverwaltung sind hinsichtlich Funktionsumfang und flächendeckender Versorgung noch große Lücken zu schließen. Insbesondere ist die integrierte Verwaltung und Dokumentation von Bibliotheksbeständen an den einzelnen Hochschulstandorten als vordringliches Problem

zu lösen. Regionale, überregionale und internationale Literaturrecherchen sollten mit Hilfe der Computerarbeitsplätze in den Hochschulen durchgeführt werden. Schließlich ist künftig der Volltextspeicherung von Bibliotheksbeständen größere Aufmerksamkeit zu widmen.

2.2 Entwicklungen von DV-Systemen

Auf dem Hardwaresektor findet nach wie vor eine sehr stürmische Technologieentwicklung statt. Es lassen sich deshalb aus heutiger Sicht nur generelle Trends angeben. Eine grobe Einteilung der Rechnersysteme läßt sich in drei Klassen vornehmen:

- Arbeitsplatzrechner
- Fachspezifische Bereichsrechner
- Zentrale Rechner und zentrale Server.

Die Zunahme der Leistungsfähigkeit der Arbeitsplatzrechner hinsichtlich Geschwindigkeit, Speichergröße, Interaktions- und Kommunikationsfähigkeit ermöglicht den Einsatz in Bereichen, die den bisherigen Universal- und Prozeßrechnern mittlerer Größe vorbehalten waren. Allerdings bestehen auch weiterhin erhebliche Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Ein-/Ausgabe-Geräte und der Kanäle bei Arbeitsplatzrechnern und bei Universalrechnern. Es ist daher nicht zulässig, solche Systeme lediglich auf der Basis der Leistung der Prozessoren zu vergleichen.

Zentrale Rechner sind insbesondere große Universalrechner und Höchstleistungsrechner. Bei den Höchstleistungsrechnern ist neben der Spezialisierung der Trend zur Integration von Universal- und Vektorrechenleistung zu erkennen. Daneben ist ein erheblicher Zuwachs an Hauptspeicher und an Prozessorleistung vor allem durch den Einsatz von Mehrprozessorsystemen zu erwarten.

Dazwischen sind bezüglich der Leistung die Bereichsrechner anzusiedeln. Diese sind häufig Universalrechner mittlerer Leistungsfähigkeit, die auch weiterhin vorwiegend für fachspezifische Anwendungen eingesetzt werden. Zentrale Server erhalten durch den Aufbau breitbandiger Netze in Zukunft große Bedeutung. Sie haben dedizierte Aufgaben wie z. B. Datenbankverwaltung, Bildverarbeitung, Druckdienste, Dateiverwaltung oder Archivierung.

Weiterhin wird sich in Zukunft fachspezifisch genutzte Hardware in vermehrtem Maße durchsetzen. Dabei reicht die Bandbreite von Kleinrechnerbausteinen bis zu Spezialarchitekturen im Vektor- und Parallelrechnerbereich.

Analog zur Leistungssteigerung der eigentlichen Rechnersysteme sind im Bereich der Peripherie teilweise ähnliche technologische Fortschritte zu erwarten. Die leistungsfähigen Arbeitsspeicher der Rechner werden durch entsprechend große und schnelle periphere Speicherkomponenten (Magnetplatten höchster Dichte und optische Platten) ergänzt. Der Einsatz von speziellen Modulen für

Grafik, Bildverarbeitung und Bilddarstellung sowie Sprachein-/ausgabe verbessert die Gestaltungsmöglichkeiten für eine benutzerfreundliche Mensch-Maschine-Interaktion.

Die Entwicklungen im Bereich der Netztechnologie werden in Abschnitt 5.4 dargestellt.

2.3 Datenverarbeitung in ausgewählten, speziellen Sachgebieten

Ein Schwerpunkt des Einsatzes der Datenverarbeitung war in den letzten Jahrzehnten die Konzentration auf umfangreiche mathematische und numerische Berechnungen, wobei sich neue Lösungsmöglichkeiten vor allem in technisch-naturwissenschaftlichen und volkswirtschaftlichen Anwendungen ergaben. Die verfügbaren Rechnersysteme boten aufgrund ihrer Architektur keine praktischen Möglichkeiten zu Interaktion, Kommunikation usw.

Die derzeitige Entwicklung ist gekennzeichnet durch die Verfügbarkeit neuer Rechnerstrukturen und -eigenschaften mit sehr hoher Leistungsfähigkeit bei günstigem Kosten-Nutzen-Verhältnis. Es besteht heute die Möglichkeit, verteilte Systeme stark anwendungsbezogen zu gestalten und hohe Anforderungen bezüglich Zuverlässigkeit, Echtzeit, Kommunikation und Interaktion zu erfüllen.

Vor diesem Hintergrund zeichnen sich Anwendungen in weiteren Gebieten ab. Dies soll nachfolgend exemplarisch skizziert werden. Neben Hardwarevoraussetzungen nimmt die Software hierbei zunehmend eine stärker bestimmende Stellung ein.

2.3.1 *Automatisierungstechniken und wissenschaftliche Systeme*

Automatisierte Fertigungssysteme werden heute bereits durch Computer unterstützt, wobei intensiv an der Entwicklung von Ablaufkonzepten für Entwurf (CAD), Produktionsplanung und Steuerung (PPS), Arbeitsabläufe (CAM) und Qualitätssicherung (CAQ) usw. gearbeitet wird. Die Entwicklung solcher Moduln wird in weitere Fertigungs- und Produktionsbereiche eindringen.

Eine Zusammenfassung in Bearbeitungszentren erfordert spezielle Kommunikationsmöglichkeiten, die geeignete Netzstrukturen, aber auch entsprechende Softwareprotokolle in normierter Form besitzen. Für Protokolle (z. B. MAP) existieren ebenso wie für die Netze (z. B. token ring) Ansätze, die in den kommenden Jahren intensiv weiterbearbeitet werden müssen.

Die Integration mittels CIM durch international akzeptierte Normen ist vom Konzept her schätzungsweise bis 1995, in Großbetrieben etwa bis 2000 zu erwarten; danach kann sich ein weltweiter Verbund von Unternehmen zur arbeitsteiligen Produktion anschließen.

Der autonome Roboter stellt eine fortgeschrittene Endanwendung dar, dessen Handlungskonzepte die Lösung von Teilproblemen erfordert. Diese können zum Teil dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz zugeordnet werden.

Besonders kompliziert erscheinen die Aufgaben im medizinischen Bereich, da komplexe operative Systeme (z. B. Röntgen, NMR, Laborwerte) mit Dienstleistungen (Diagnose- und Therapiemaßnahmen) an den jeweiligen Patienten angepaßt, die Ergebnisse und Maßnahmen über Kommunikationsnetze verknüpft werden müssen. Dem Datenschutz kommt hier eine ganz hervorragende Stellung zu.

Dienstleistungssysteme, wie z. B. die Versorgung im Gesundheitswesen, die Energieversorgung, die Lösung von Entsorgungsproblemen, sind gemischte Beispiele, die wiederum besondere Anforderungen an die Prozeßsteuerung stellen.

Die Realisierung rechnergestützter Automatisierungssysteme erfordert große Anstrengungen in den nächsten 5 bis 10 Jahren; besonders zu nennen sind:

- Funktionsintegration von operativen und dispositiven Prozessen
- Verkettung von Prozeßabläufen (inklusive Puffer etc.)
- Berücksichtigung der Ressourcen
- hohe Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit usw. durch verteilte Systeme
- Fehlertoleranz der Systeme
- benutzerfreundliche Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle.

Zur Erforschung dieser neuartigen Strukturen und ihres funktionellen Verhaltens sowie deren Umsetzung in die akademische Ausbildung ist es notwendig, daß die jeweils realistischen Modellsysteme mit entsprechender Leistungsfähigkeit und entsprechender Anpassung an die jeweilige Peripherie in den Universitäten verfügbar sind. Die Lösung macht aufwendige Sondersysteme notwendig. Zu fordern ist, daß die Ausstattung bezüglich entscheidender Kenndaten wie z. B. Speicherart und -ausbau, Bildschirm, Netz- und Kommunikationsfähigkeit, Schnittstellen und Interaktionsmöglichkeit auf dem modernsten Stand sein muß. Nur dann kann im internationalen Vergleich die vorderste Front in den stark wettbewerbsorientierten Anwendungen gehalten werden.

2.3.2 Simulationstechnik für verschiedene Anwendungen

Die Simulationstechnik beruht auf deterministischen oder nichtdeterministischen Modellen. Es lassen sich sehr komplexe Zusammenhänge bereits mit heutigen Rechnerstrukturen und Softwarepaketen durchführen; letztere sind oft sehr speziell. Simulationen sind nichtnumerisch oder numerisch möglich; damit lassen sich technische und nichttechnische Systeme in ihrem Verhalten auf einer DV-Anlage näherungsweise darstellen und untersuchen. Einige Beispiele sollen im folgenden die Situation erläutern.

Eine weit vorangeschrittene Entwicklung erlaubt heute bereits eine recht zuverlässige Wettervorhersage; die Erweiterung dieser Simulation ist auf die Vorhersage der Umweltbelastung gerichtet. Zur Erdölexploration wird an sehr komplexen

Modellen gerechnet, die zur Beurteilung der Lagerstätten, ihrer Qualität, der Ausbeutungsstrategie usw. herangezogen werden.

In der industriellen Produktion werden operative und dispositive Systeme modelliert, wobei die systemtheoretischen Grundlagen erweitert werden. Als Teilaufgaben sind zu nennen: Volumenmodelle für die zusammenfassende Simulation der automatischen Montage, Wirkraummodelle, in denen Arbeitsräume von Robotern und Transportsystemen simuliert werden, usw. Zusammengeführt entsteht dann schließlich das Anlagen-Layout, das die durch Simulation optimierte Montageanlage darstellt und aus dem das Verhalten der gesamten Anlage abgeschätzt werden kann.

Die naturwissenschaftliche Forschung verwendet Simulation auf einem weitentwickelten Stand; die Biochemie und Pharmakochemie z. B. entwickeln heute neue Medikamente mit Hilfe der Simulation ihrer Reaktionen. In der Medizin beispielsweise werden Maßnahmen der plastischen Chirurgie vorgeplant, ebenso bei der Gestaltung orthopädischer Implantate in der anatomischen und funktionellen Auswirkung für den individuellen Patienten.

Weitere Einzelgebiete im technischen Bereich sind Crash-Tests, Roboterentwicklung, Fahrzeugsimulatoren höchster Komplexität (Flug/Raumfahrt, auch Trainingssimulatoren), Entwurf und Fertigung hochintegrierter Schaltkreise, Entwicklung neuer Rechnerarchitekturen und Netze.

Allgemein geht es darum, Zusammenhänge und dynamische Abläufe theoretisch oder auf der Basis von Experimenten zu erfassen und mit einem geeigneten Simulationsprogrammsystem zu beschreiben; Schnittstellen sind in geeigneter Weise für die entsprechenden Anwendungen zu gestalten. Der Mensch-Maschine-Interaktion kommt eine besondere Bedeutung zu: Simulationen können als Ergebnis derart komplexe Sachverhalte liefern, daß sie zum Begreifen dem Benutzer in geeigneter Weise dargestellt werden müssen. Hierfür ist – ebenfalls mit Hilfe von Simulation – die ergonomische Gestaltung des Prozesses und der Interaktion mit dem Benutzer, aber auch das Benutzerverhalten selbst zu modellieren und die realisierte Lösung im Feldtest zu validieren.

Für die Simulation ist der Zugang zu Hochleistungsrechnern über leistungsfähige Netze mit Hilfe von grafikfähigen Hochleistungsarbeitsplätzen mit kurzen Reaktionszeiten unbedingt nötig.

Das Gebiet hat in seiner Vielfalt ein besonderes Gewicht für die Volkswirtschaft, da sich hieraus Ansätze für neuartige Rechnerstrukturen, mathematische Verfahren und Informatikwerkzeuge ergeben.

2.3.3 *KI-Technik für verschiedene Anwendungen*

Das Gebiet der Künstlichen Intelligenz ist eines der dynamischsten Teilgebiete der Informatik. Die Forschung im Grundlagenbereich der KI wird als KI im engeren Sinne schwerpunktmäßig an Universitäten z. T. in Verbundprojekten mit der Industrie betrieben. Die wesentlichen Teilgebiete sind:

- Problemlösen und Suchen
- Wissensrepräsentation
- Natürlichsprachliche Systeme
- Maschinensehen (Bildverstehen)
- Entwicklung von Werkzeugen für
 - Deduktionssysteme
 - Expertensysteme
 - Robotik.

Große Aufwendungen müssen speziell für die Erarbeitung von KI-Software und KI-Hardware gemacht werden.

Aus diesen Teilgebieten der KI im engeren Sinne heraus werden die Methoden und Werkzeuge zur Lösung der Anwendungen erarbeitet. Im Brennpunkt des Interesses stehen heute Expertensysteme für viele Gebiete wie Lagerhaltung, Verkaufsberatung, medizinische Diagnostik, Systeme für Wartungsabläufe usw.

Die Anwendungen sind sehr vielgestaltig, so daß Impulse und Anforderungsprofile die Grundlagenuntersuchungen stark beeinflussen. KI-Anwendungen sind für fast alle Disziplinen denkbar wie z. B.: Ingenieurdisziplinen, Medizin, Rechtswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, Philologie u. a. Eine umfassende Aufzählung der Anwendungen würde den Rahmen überschreiten; daher soll versucht werden, einige Anwendungsfelder zusammenzufassen, die besonders wichtig erscheinen und praktische Bedeutung haben.

Die Mustererkennung und -interpretation ist zur Lösung vieler konkreter, komplexer Aufgaben einzusetzen. Die Erfassung komplexer Zusammenhänge oder Szenen stützt sich wesentlich auf 3-D-Bewegtbilder, Sprache und multiple Sensorsysteme. Die Interpretation erfolgt unter Verwendung von Modellen. Die Modellierung wird mittels wissensbasierter Methoden auf der Basis von hierarchisch strukturierter Anordnung von Daten, Information, Wissen und komplexer Verknüpfung erfolgen. Hierdurch kann der Schritt von der Perzeption zur Kognition vollzogen werden.

Typische Anwendungen sind: Maschinensehen (z. B. für Prozeßüberwachung, Qualitätskontrolle, Robotersteuerung), Spracherkennung zur Mensch-Maschine-Kommunikation oder für die Übersetzungssysteme. Die Anforderungen an die DV-Anlage sind hier besonders hoch, da die Verarbeitung von sehr großen Datenraten und -mengen in Echtzeit erfolgen muß. Spezialprozessoren, geeignete Algorithmen, benutzerfreundliche Software müssen erarbeitet werden. Der internationale Wettbewerb erzwingt, daß die Arbeitsgruppen Zugang zur technischen Entwicklungsfront halten können. Diese Forderung ist wegen der besonders hohen Erneuerungsrate im Hard- und Softwarebereich besonders dringlich zu stellen.

Eine besondere Rolle kommt wegen der Vielfalt der Anwendungen künftig den Expertensystemen zu. Sie können als Spezialfall der wissensbasierten Systeme angesehen und zur Lösung komplexerer Probleme und Aufgaben herangezogen werden, die mit bisherigen Methoden nicht oder nur teilweise und unbefriedigend behandelt werden konnten.

Diese Probleme sind eng mit der Modellierung verbunden, wenn sie für Prototypenerstellung und Prognosen auf der Basis von Diagnosen eingesetzt werden. Welche Bedeutung sehr einfachen, lokal eingesetzten Expertensystemen (z. B. Autoelektrik-Expertensystem für eine Kfz-Reparaturwerkstatt) in der Praxis wirklich zukommt, ist noch ungeklärt. Expertensysteme können eingeteilt werden in:

- Planungs- und Entwurfssysteme
- Diagnosesysteme (Maschinenfehlererkennung, medizinische Diagnose)
- Erkennungssysteme (Musterinterpretation).

Natürlichsprachliche Systeme sind als eine Komponente der Mensch-Maschine-Interaktion vielfach einzusetzen. Auch die Visualisierung (Grafik und Bild) spielt hier eine wichtige Rolle, wobei intelligent verdichtete Information aus unterschiedlichen Quellen (Datenbanken, Problemlösungsvorschläge, Vergleichsergebnisse) besonders aufbereitet werden muß, um an den Benutzer in der Praxis angepaßt zu sein. Diese Unterstützung wird eingesetzt für Prozeßüberwachung und Steuerung bis hin zur Beherrschung komplexer Roboter mit zusammengefaßten Anweisungen und Antworten auf der Basis einer hohen Sprachstruktur.

2.3.4 Geisteswissenschaftliche Arbeitsverfahren

In den Geisteswissenschaften ist die Situation der Anwendung von DV-Methoden und -Geräten anders als in den Ingenieur- und Naturwissenschaften.

Auf den ersten Blick erkennt man zunächst Gemeinsamkeiten. In beiden Bereichen spielt die Erstellung von Texten und Dokumenten eine maßgebliche Rolle. Situationen und Gegenstände müssen erfaßt, gespeichert und verarbeitet werden.

Bei näherem Hinsehen erkennt man aber grundsätzliche Unterschiede, die in der Tradition dieser Wissenschaften begründet sind:

- Während naturwissenschaftliches/technisches Wissen traditionsgemäß zuerst in mathematischen Formeln und in Zahlentabellen niedergelegt wird, hat diese Form der Darstellung und Weitergabe von Wissen in den Geisteswissenschaften kaum Tradition.
- Im Gegensatz zu geisteswissenschaftlichen Ausbildungsgängen gehört der Umgang mit Formeln und deren Anwendung auf vorgelegte Probleme zur Grundausbildung der naturwissenschaftlichen/technischen Studenten. Die Vorbildungsunterschiede werden verstärkt durch die Differenzierung der Oberstufe an den Gymnasien. Obwohl die Datenverarbeitung zur Lösung „nichtnumerischer“ Probleme seit langer Zeit genutzt wird, dürfte es mehrere Jahre dauern, bis eine vollständige Gewöhnung der Geisteswissenschaftler an die DV-orientierten Handlungs- und Denkweisen erfolgt, so daß diese als selbstverständliche Arbeitsverfahren schon in der Planung von Vorhaben genutzt werden.

- Geisteswissenschaftliche Lehrstühle und Seminare sind im Regelfall nicht auf das Arbeiten mit technischen Geräten eingerichtet; dies gilt sowohl im Hinblick auf die erforderlichen Sachmittel zur Beschaffung und Pflege der Maschinen als auch im Hinblick auf in diesem Zusammenhang erforderliches technisches Personal. Die technisch-naturwissenschaftlich orientierten Lehrstühle sind sowohl seitens der Hochschulen ganz anders finanziell ausgerüstet als auch vom Stellenplan und der Stellenbesetzung her auf die Beschaffung und den Betrieb technischer Anlagen eingestellt.

Hier ist eine Neuorientierung der Mittelaufteilung und der Stellenzuweisungen so zu erwarten, daß in einem mehrjährigen Prozeß die Geisteswissenschaften auf das für sie notwendige Ausrüstungsniveau angehoben werden.

Generell werden die vorgenannten Fakten dazu führen, daß die in den Naturwissenschaften und technischen Wissenschaften üblichen Programmierverfahren wegen ihrer Orientiertheit an Formeln und Prozeduren in der derzeitigen Form weitgehend nicht von den Geisteswissenschaften übernommen werden. Es sind vielmehr Benutzungsweisen gefordert, welche eine DV-Anwendung ohne die bisher übliche klassische Programmierung erlauben. Vorbilder hierfür finden sich bei den Benutzeroberflächen vieler PC-orientierter Anwenderprogramme sowie bei den Verfahren wissensbasierter Systeme. Von seiten der Anforderungen an die Systeme sind die Geisteswissenschaftler hier anspruchsvoller als die etablierten Rechnerbenutzer.

Der vorbeschriebene Sachverhalt kann aber dazu führen, daß die finanziellen Aufwendungen beim einzelnen Arbeitsplatz relativ hoch sind. Die neuen Eingabe-, Ausgabe- und Speichermedien sind jedoch für die text-, ton- und bildorientierten Kulturwissenschaften von besonderer, auch forschungsmäßiger Bedeutung als neue „Erinnerungs- und Gedächtnisform“.

Da die Entwicklung des Hard- und Softwareangebots den Einsatz DV-gestützter Methoden in den Geistes- und Sozialwissenschaften begünstigt und diese sich bereits breite Anwendungsbereiche erschlossen haben, wird sich der Bedarf an DV-gestützten Wissenschaftlerarbeitsplätzen in diesem Bereich sprunghaft erhöhen. Die Anwendungen der Datenverarbeitung werden sich dabei nicht auf den Bereich der Text- und Dokumentenverarbeitung beschränken, sondern auf eine Vielzahl neuer Verfahren und Problemlösungen erweitern. Obwohl die hohe Fächerdifferenzierung in den Geisteswissenschaften ein nicht gering einzuschätzendes Problem abgibt, ist zu erwarten, daß sich analog zu den Fachinformatikern im Bereich der Wirtschaftswissenschaften, der Rechtswissenschaften, der Medizin usw. eine „Kulturinformatik“ entwickeln wird, entweder als interdisziplinäre Aufgabe oder als eigenständiges Fach. Die Notwendigkeit, deshalb auch diesen Bereich in die Planung verstärkt mit einzubeziehen, wurde oben bereits betont.

3 Derzeitiger Stand der DV-Versorgung und Personalsituation

3.1 Rechner an den wissenschaftlichen Hochschulen und Fachhochschulen

3.1.1 Rechner an den wissenschaftlichen Hochschulen

Vor anderthalb Jahrzehnten war die Ausstattung einer Hochschule mit DV-Kapazität im wesentlichen durch den Rechner im Hochschulrechenzentrum und seine angeschlossenen Terminals charakterisiert; daneben gab es Prozeßrechner für experimentell arbeitende Institute.

Heute ist die Rechnerkapazität über Institute und Fachbereiche breit gestreut. Allerdings ist das Bild des Ist-Zustandes nicht einheitlich. Einige Hochschulen nutzen die Möglichkeit der Dezentralisierung und realisieren planmäßig ein Versorgungskonzept aus mehreren Ebenen. Ein solches Konzept, wie es etwa die Rechnerkommission in den Empfehlungen für die Jahre 1984–1987 vorsah, kann zum Beispiel die Versorgungsebenen

1. Arbeitsplatz- und Experimentrechner,
 2. Rechner, die örtlichen oder fachlichen Bereichen zugeordnet sind,
 3. Hochschulrechenzentrum und
 4. überörtlichen Rechnerverbund
- umfassen.

Es gibt auch noch Hochschulen, in denen außer der Rechanlage des Rechenzentrums kaum Rechner der übrigen Versorgungsebenen vorhanden sind. Hier ist das Rechenzentrum für fast jede Art von DV-Versorgung und für jede Frage der praktischen Datenverarbeitung zuständig.

In den Hochschulen, die ein mehrstufiges Versorgungskonzept bewußt verfolgen, sind die Aufgaben des Rechenzentrums hinsichtlich der Versorgung begrenzt. Das Rechenzentrum hat hier insbesondere die großen maschinellen Ressourcen, hauptsächlich Prozessorleistung und Massenspeicherkapazität bereitzustellen sowie umfangreiche, allgemein einsetzbare Software und Spezialgeräte, deren Kosten die mehrfache Anschaffung verbieten und den zentralen Einsatz eines oder weniger Exemplare für die ganze Hochschule nötig machen. Textverarbeitung und kleine Rechenvorhaben sind bei diesem Konzept auf die unterste Versorgungsebene verlagert.

Zwischen den beiden Extremen, einer rein zentralen Lösung und einem mehrstufigen Versorgungskonzept, bestehen heute viele Übergangsstufen. Aber auch dort, wo ein mehrstufiges Versorgungskonzept bereits weitgehend realisiert ist, werden nicht alle grundsätzlichen Anforderungen an ein solches Konzept tatsächlich erfüllt, insbesondere fehlt es im allgemeinen an der vollständigen Kompatibili-

tät der Versorgungsebenen, die dem Benutzer beliebigen Dateitransfer, aber auch einen Auftragstransfer zwischen den Ebenen ohne Zusatzaufwand ermöglichen.

3.1.2 *Rechner an Fachhochschulen*

Für die DV-Versorgung der Fachhochschulen sind im allgemeinen die Anforderungen aus der Lehre bestimmend. Die Ausstattung ist noch uneinheitlicher als bei den wissenschaftlichen Hochschulen, so muß ein Teil der Fachhochschulen überhaupt ohne Rechner auskommen. Aus 85 Antworten auf eine Befragung ergibt sich:

Insgesamt gibt es 59 Fachhochschulen mit DV-Personal,
26 Fachhochschulen ohne DV-Personal,
48 Fachhochschulen mit Rechnern,
37 Fachhochschulen ohne Angabe eines Rechners.

Bis jetzt hat sich noch kein Versorgungskonzept durchgesetzt. Die wichtige Gruppe der Fachhochschulen mit technischen Fächern scheint eine aus drei Komponenten zusammengesetzte Ausstattung anzustreben:

Die Versorgung wird auf Rechenzentrum, Praktikumsaal mit PCs sowie CAD- und Elektroniklabors gestützt. In einigen Fällen werden die Aufgaben eines eigenen Rechenzentrums durch das Rechenzentrum der nächstgelegenen wissenschaftlichen Hochschule erledigt. Es ist auch zu sehen, daß sich die Unterschiede in der DV-Versorgung der wissenschaftlichen und der Fachhochschulen, insbesondere in der Ingenieur- und Informatikausbildung, allmählich angleichen.

3.2 Personelle Ausstattung zum Betrieb von DV-Anlagen, zur Benutzerberatung und zur Methodenentwicklung an den wissenschaftlichen Hochschulen und Fachhochschulen

Die traditionellen Aufgaben des Rechenzentrumspersonal bestanden bislang vor allem aus

- Betrieb der Anlagen des Rechenzentrums,
- Pflege und Weiterentwicklung von allgemein anwendbaren Programmbibliotheken und
- Beratung und Schulung der Anwender in der Nutzung dieser Software und in der Nutzung der Anlagen des Rechenzentrums.

Die Stellenpläne der Rechenzentren sind im allgemeinen für diese drei Grundaufgaben aufgestellt worden. Sie enthalten das Bedienungspersonal für die

Rechenanlage, das bedeutet meist Personal mit kurzen Ausbildungsgängen, einige Programmierer und Techniker für regelmäßige Implementierungs- und Pflegearbeiten an der Software, manchmal auch der Hardware, sowie wissenschaftliche Mitarbeiter. Die letzteren werden zu einem kleinen Teil für die Betreuung des Betriebssystems, zu einem größeren für Betreuung von Anwendungssoftware und besonders für Beratung und Schulung der Benutzer eingesetzt. In der Regel erledigen wissenschaftliche Mitarbeiter auch die notwendigen Organisations-, Planungs- und Koordinierungsaufgaben. Die Stellenpläne der Rechenzentren sind, der Größe der Hochschule entsprechend, sehr unterschiedlich. Die anteilige Zuordnung der Stellen auf die Arbeits- und Qualifikationsgebiete ist:

wissenschaftliches Personal	ca. 40 %,
technisches Personal	ca. 20 %,
Betriebspersonal ca.	30 %,
Verwaltungspersonal ca.	10 %.

Diese Anteile waren dem früheren Aufgabenkatalog angemessen. Der heutige Aufgabenkatalog wird im Abschnitt 6.5 behandelt.

3.3 Stand der Vernetzung

3.3.1 *Stand der hochschulinternen Netzverbindungen*

Fast alle Universitäten sowie eine Reihe von Fachhochschulen in der Bundesrepublik verfügen über Terminalnetze (Geschwindigkeitsbereich bis zu 9,6 kBit/s), die die Endgeräte der Benutzer mit den Anlagen des Rechenzentrums verbinden. Sie decken im wesentlichen die Anforderungen der bisherigen DV-Versorgung durch ein zentrales HRZ ab, genügen aber nicht den Erfordernissen der neuen, stärker verteilten DV-Struktur: sie sind beispielsweise für die Kommunikation der Wissenschaftler bzw. der dezentralen Rechner untereinander ebensowenig geeignet wie für die Übertragung größerer Datenmengen bei explizitem Dateitransfer oder interaktiver Grafik. Den künftigen Anforderungen entsprechende moderne lokale Netze mit Übertragungsraten im Megabitbereich sind bereits des öfteren in einzelnen Fakultäten und Hochschulen vorhanden – die Verbindung der durch das CIP beschafften Geräte war u. a. ein häufiger Anlaß der Installation –, jedoch handelt es sich hierbei meist nur um Insellösungen, die der Integration in einen die ganze Hochschule umfassenden Netzverbund noch bedürfen. Auch hierzu existieren erste Ansätze in Pilotinstallationen an einigen Hochschulen wie z. B. Saarbrücken und Stuttgart, die Modellcharakter für den allgemeinen Einsatz dieser Techniken im Hochschulbereich haben können.

3.3.2 *Überregionale Rechnernetze in der Bundesrepublik*

Das fast völlige Fehlen überregionaler Rechnernetze im Hochschulbereich der Bundesrepublik hat Anfang der achtziger Jahre zur Gründung des Vereins Deutsches Forschungsnetz (DFN) geführt, der zum Zwecke der Kommunikation zwischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen, gestützt auf Postdienste, ein deutsches Forschungsnetz entwickelt. Dieses bietet zeilenorientierten Dialog, Filetransfer, Remote Job Entry, Electronic Mail und einige dem niedrigen Geschwindigkeitsbereich entsprechende grafische Netzdienste an.

Über dieses Netz greifen z. B. die Universitäten Nordrhein-Westfalens auf den Vektorrechner in Bochum und die Berlins, Niedersachsens und Schleswig-Holsteins auf den des Konrad-Zuse-Zentrums in Berlin zu und belegen so einen großen Anteil der Kapazität dieser Anlagen.

Den Durchbruch für eine intensive, vor allem die internationalen Hochschulen einschließende Nutzung von Netzdiensten brachte das von der Firma IBM 1984 ins Leben gerufene European Academic Research Network (EARN).

Der große Erfolg dieses Netzes auch im Verkehr zwischen den deutschen Hochschulen – allein ca. 30 Universitäten greifen auf die Höchstleistungsrechner in Karlsruhe und Stuttgart zu und belegen ca. 50 % von deren Kapazität – geht neben der Bereitstellung der technischen Verfügbarkeit auf die Übernahme der Postgebühren für die Hauptstränge des Netzes durch die Firma IBM zurück. Nach Auslaufen dieser Finanzierung Ende 1987 werden die EARN-Dienste einschließlich der internationalen Anbindungen durch das DFN übernommen. Das Problem der sich dann für die Hochschulen ergebenden finanziellen Belastung ist noch zu lösen.

Alle für Hochschulen verfügbaren überregionalen Netzdienste in der Bundesrepublik werden zur Zeit über schmalbandige Verbindungen (meist 9,6 kBit/s und darunter) betrieben. Im Breitbandbereich (über 1 MBit/s) sind zur Zeit noch keine überregionalen Verbindungen für die deutschen Hochschulen vorhanden. Damit scheiden u. a. die Verarbeitung umfangreicher grafischer Daten im Dialog sowie überhaupt die direkte Übertragung großer Datenmengen noch aus. Dies ist jedoch künftig im Interesse der internationalen Wettbewerbsfähigkeit unserer Hochschulen dringend erforderlich. Erste Projekte in diesem Bereich werden von einigen Hochschulen im Rahmen des DFN bereits begonnen; eine Konzeption für die flächendeckende Versorgung der Hochschulen in der Bundesrepublik mit einem Netzverbund, der auch diesen Geschwindigkeitsbereich umfaßt, ist erforderlich. Empfehlungen hierzu hat die Kommission für Rechenanlagen in ihrem Netzmemorandum vom April 1987 erarbeitet.

4 DV-Systeme für die Lehre an Hochschulen

4.1 Grundkenntnisse

Es ist heute weitgehend anerkannt, daß für die Studenten aller Fachdisziplinen grundsätzliche Kenntnisse in der Nutzung moderner informations- und kommunikationstechnischer Mittel erforderlich sind. Diese grundsätzlichen Nutzungskennnisse von Rechnern sind im Sinne einer persönlichen arbeitstechnischen Infrastruktur als fortgeschrittene Formen der Technik der geistigen Arbeit zu verstehen. Im Vordergrund braucht dabei nicht die grundsätzliche Funktionsweise und Architektur eines Rechners zu stehen, sondern das Einüben von Anwendungsfertigkeiten (Nutzungswissen), beispielsweise in folgenden fachgebietsübergreifenden Computer- und/oder Kommunikationsanwendungen: Text-, Tabellen- und Grafikverarbeitung, elektronische Kommunikation, Zugriff zu Datenbanken aller Arten des Informationsangebots (Fachinformation, Wirtschaftsdaten, Nachrichten, usw.), Aufbau einer persönlichen Wissensbank auf dem Rechner als privates Archiv und Nutzung von Lehrsoftware. Computernutzungswissen für diese Aufgaben wird in wenigen Jahren so selbstverständlich benötigt wie heute das Telefonnutzerwissen oder der Autoführerschein.

Obwohl die Schulen nach den Vorschlägen der Bund-Länder-Kommission für Forschungsförderung und Bildungsplanung zukünftig Elemente einer „informationstechnischen Grundbildung“ vermitteln, können diese Bemühungen ein Angebot der Hochschule nicht substituieren, so wie die Schulmathematik die Mathematikausbildung für viele Fachrichtungen an der Hochschule vorbereiten, aber nicht ersetzen kann. Das DV-Nutzungsgrundwissen, wie Rechner gebaut sind und wie man sie nutzt, ist zwar fachübergreifend, der an der Universität zu lehrende Umfang wird allerdings für absehbare Zeit zwischen den Fachgruppen differieren. So muß die Entwicklung zeigen, ob Programmierkenntnisse in allen Fächergruppen, z. B. in den Sprach- und Kulturwissenschaften und anderen geisteswissenschaftlichen Bereichen, verlangt werden können und müssen.

Die Grundkenntnisse sollten an Rechnersystemen mit moderner Benutzeroberfläche und anwendungsorientierter Softwareunterstützung großer funktionaler Mächtigkeit vermittelt werden.

Die Studenten gewinnen nur dann die erwünschte Urteilsfähigkeit über den Wert der Werkzeuge Rechner und digitale Kommunikation, wenn sie mit der Leistungsfähigkeit professioneller Systeme vertraut gemacht werden. Die technologischen Trends bei den Arbeitsplatzrechnern lassen dieses Ziel innerhalb der nächsten Jahre finanzierbar erscheinen.

4.2 Generelle Fortbildungsstufe

Aufbauend auf dem vorgenannten elementaren Nutzungswissen benötigt ein wesentlicher Teil der Studenten vertiefere Kenntnisse. Grundsätzlich sollte angestrebt werden, daß zukünftige Akademiker über eine reine Handfertigkeit hinaus das Problemlösen mit Rechnern und Kommunikationssystemen methodisch fachlich verstehen und praktizieren können. Dabei sind Prioritäten bei methodischer Problemanalyse und -darstellung und den Informatikkenntnissen (z. B. Informationsdarstellung in Rechnern, Anwendung von Algorithmen, Organisation großer Datenbestände, Analyse von Softwaresystemen) zu setzen. Hardwarekenntnisse können dagegen nachgeordnet werden.

Die vertiefenden Ausbildungsprogramme sind ebenso wie die einführenden Lehrveranstaltungen als Teil des jeweiligen Grundstudiums anzusehen. Ein wesentlicher Aspekt für die quantitative Auslegung des Rechnerangebotes ist die Forderung, die rechnergestützten Methoden und Techniken nicht nur zu verstehen, sondern sie auch durch häufiges Üben zu beherrschen.

4.3 Fachspezifische Anwendungen

Im Gegensatz zu den vorgenannten nichtfachspezifischen Anwendungen ist der Nutzungsgrad moderner DV-Techniken in den einzelnen Hochschulfachdisziplinen heute extrem unterschiedlich. Es wird auch zukünftig eine große Spannweite zwischen den Fächern in der Frage geben, wie stark die jeweilige Fachmethodik oder gar die Inhalte des Faches durch die neuen Informatikmittel verändert werden. Zudem sind erhebliche zeit- und ressourcenaufwendige, fachspezifische (Methoden-)Forschungen notwendig, um den Einsatz der neuen Informationstechniken nicht der Fachausbildung aufzupropfen, sondern sie organisch zu integrieren. Der bereits erwähnte erhebliche Übungsaufwand wird es nach einer Übergangsphase aus Gründen der Zeitökonomie verbieten, stets zweigleisig auszubilden, d. h. sowohl mit traditionellen Arbeitsmitteln (z. B. Zeichenbretter in den Ingenieurwissenschaften) als auch mit rechnergestützten Systemen (z. B. Computer Aided Design statt Reißbrettarbeit).

Die apparativen Einrichtungen für die fachspezifische Ausbildung sollten zumindest in der Endphase des Studiums eine Ausbildungsqualität ermöglichen, die direkt umsetzbar in die Anforderungen ist, die den Hochschulabsolventen beim Eintritt in die berufliche Praxis erwarten. Eine adäquate Ausstattung der Hochschulen in Hardware und Software würde nicht nur die heute verbreitete Nachschulung der Absolventen an den neuesten Standard der Rechnernutzung entscheidend verkürzen, sondern würde umgekehrt ein Stimulans für die Einführung fortgeschrittener Rechnermethoden besonders in der mittelständischen Wirtschaft zur Erhöhung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit darstellen (Technologie-transfer durch Ausbildungsqualität).

Bei der fachspezifischen Ausbildung mit Rechnern werden die computervertrauten Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften auch in den nächsten Jahren eine herausragende Rolle spielen. Es besteht aber Anlaß zu der Annahme, daß in den heute eher computerfernen Gebieten der Sprach- und Kulturwissenschaften, der Rechts- und Sozialwissenschaften, der Kunst sowie Teilgebieten der Medizin im Planungszeitraum der Anteil der Computernutzung signifikant zunehmen wird.

Simulation und Modellbildung fachspezifischer Prozesse und ihre Handhabung durch den Studenten im Rahmen von Lehrprogrammen eröffnet der Fachdidaktik vieler Disziplinen völlig neue Perspektiven bei der Nutzung der Computer als „Gedankenlabor“. Auch in der Bundesrepublik Deutschland sind neue Ansätze zur Entwicklung von Lehrsoftware (Teachware, Courseware) zu beobachten, wobei eine universitätsübergreifende Kooperation bei der aufwendigen Erstellung solcher Software nachdrücklich gefördert werden sollte. Zudem ist eine besonders qualifizierte Förderung interessierter, begabter Studenten durch das Einräumen der Möglichkeit der freien, selbstbestimmten teachwaregestützten Arbeit möglich. Die Verfügbarkeit selbsterklärender Fachsoftware für Studenten kann auch eine wesentliche Entlastung für das Lehrpersonal sein.

4.4 Computer-Investitions-Programm

4.4.1 Zielsetzung

Ein Sonderprogramm mit der alleinigen Zielsetzung, die studentische Ausbildung an Computern auf dem fortgeschrittensten internationalen Stand entscheidend zu verbessern, war aus den Reihen der Kommission für Rechenanlagen vorgeschlagen worden und wird unter der Bezeichnung CIP in den Jahren 1985–1988 durchgeführt. Apparativ stehen im Mittelpunkt vernetzte Arbeitsplatzrechner, die einerseits einen unmittelbaren Zugang der Studenten zu der praktischen Arbeit mit Computern ermöglichen und zum anderen die Einübung von Nutzungsformen moderner Informations- und Kommunikationstechnik gestatten, wie sie in der beruflichen Praxis immer signifikanter werden.

Der Schwerpunkt der ersten CIP-Phase lag und liegt in der Computergrundausbildung, wobei die Vorgaben des Planungsausschusses für den Hochschulbau (Beschluß vom 25. Juni 1984) sowohl allgemeine informatikbezogene Lehrinhalte und die Rechneranwendung in fachspezifischer Weise als auch die Bedeutung des Rechners in der Funktion einer Unterrichtshilfe zur Unterstützung des Lernprozesses umfassen. Das finanzielle Volumen für die genannte Laufzeit des CIP ist auf ca. 250 Mio. DM geplant.

Die Kommission für Rechenanlagen hat auf Bitten des Planungsausschusses durch einen Katalog von Mindestanforderungen für die beschaffenden Hochschulen und Länder die Durchführungsmaßnahmen zur Realisierung des CIP struk-

turiert und präzisiert und prüft laufend vorgelegte Anträge anhand dieses Katalogs in einem verkürzten Begutachtungsverfahren.

4.4.2 Ergebnisse

Der Wissenschaftsrat hat im Februar 1987 einen ersten Erfahrungsbericht vorgelegt, der sich mit den Beobachtungen und Bewertungen der Kommission für Rechenanlagen in allen wesentlichen Punkten deckt. Die gewünschte Signalwirkung für die verstärkte Durchdringung der studentischen Ausbildung mit computerbezogenen Lehrinhalten scheint nach den vorliegenden ersten Ergebnissen voll erreichbar.

Alle Bundesländer und nahezu alle Hochschulen beteiligen sich inzwischen am Programm. Bis Ende 1986 wurden insgesamt 539 vernetzte Rechensysteme (Computer-Pools) mit 6561 Arbeitsplätzen positiv begutachtet und zur Aufnahme in den Rahmenplan empfohlen. Die disponierte Gesamtsumme lag zu diesem Zeitpunkt bei 122,2 Mio. DM.

Die Fächerverteilung zeigt den für die Anfangsphase erwarteten Schwerpunkt bei den naturwissenschaftlich-technischen Disziplinen:

Mathematik/Naturwissenschaften	24,3 %
Ingenieurwissenschaften	19,2 %
Wirtschafts-/Gesellschaftswissenschaften	14,5 %
Rechenzentrums-pools (fachübergreifend)	17,0 %

Nach den neuesten Beschlüssen des Planungsausschusses für den Hochschulbau ist die uneingeschränkte Durchführung des CIP bis einschließlich 1988 in der vorgesehenen Höhe gesichert, wobei sich infolge der günstigen Preis-Leistungs-Entwicklung auf dem Kleinrechnermarkt insgesamt eine größere Anzahl von studentischen Ausbildungsrechnern beschaffen läßt als ursprünglich angenommen.

Der Wissenschaftsrat hat in seinen Empfehlungen zur Ausstattung der Hochschulen mit Rechnerkapazität (Mai 1987) nachdrücklich gefordert, das Computer-Investitions-Programm in weiterentwickelter Form im Rahmen der Gesamtausbauplanung der Rechnerversorgung bis in die neunziger Jahre verstärkt fortzuführen.

5 Vorschlag für eine Struktur der DV-Versorgung an den Hochschulen

5.1 Benötigte Rechenmöglichkeiten

5.1.1 Ausbildungsplätze und Arbeitsplätze

Die Versorgung der Hochschulen mit DV-Leistungen muß sich künftig dadurch auszeichnen, daß alle Bereiche der Lehre und der Forschung systematisch mit Arbeitsplatzrechnern ausgestattet werden. Dabei sind im Hinblick auf Leistungsvermögen und Softwareausstattung zwei Kategorien von Arbeitsplätzen zu unterscheiden: Ausbildungsarbeitsplätze für Studenten und Arbeitsplätze für Wissenschaftler. Die Arbeitsplatzrechner sind in der Regel mit Computernetzen verbunden und schaffen dadurch den Zugang sowohl zum lokalen Hochschul- oder Fachbereichsrechner als auch zu überregionalen Rechenzentren, die beispielsweise über einen Höchstleistungsrechner verfügen. Diese computerunterstützten Arbeitsplätze werden in der unmittelbaren Arbeits- und Forschungsumgebung des Benutzers eingerichtet. Ausbildungsarbeitsplätze in den Experimentierzonen der Labors können als vernetzte Arbeitsplatzrechner einzeln aufgestellt werden.

5.1.2 Fachorientierte Anforderungen für Arbeitsplätze

In Abhängigkeit von den fachspezifischen Anwendungen ergeben sich Unterschiede in der technischen Ausstattung der Arbeitsplatzrechner; dabei wird das Einsatzspektrum vor allem von der Grafikfähigkeit des Rechners bestimmt. Arbeitsplatzrechner, die in einer Laborumgebung eingesetzt werden, müssen größte Datenraten verarbeiten können; sie sollen Schnittstellenkomponenten enthalten, um die Steuerung von Prozessen mit hoher Interaktivität, insbesondere im Bereich der Labormeßtechnik und der Laborautomatisierung, durchzuführen.

Darüber hinaus können fachorientierte Spezialrechner am Arbeitsplatz für dedizierte Anwendungen eingesetzt werden, wie dies z. B. in der KI-Forschung oder der Bildverarbeitung der Fall ist. Für die Gebiete des computerunterstützten Konstruierens, der computergestützten Simulation und des grafischen Modellierens (z. B. Molecular Modelling) ist die Grafikfähigkeit des Arbeitsplatzrechners von entscheidender Bedeutung. Sowohl die technische Ausstattung hinsichtlich der Verarbeitungsleistung und der Bildauflösung als auch der Zugang zu fachspezifischer Grafiksoftware muß höchsten Qualitätsanforderungen genügen.

5.1.3 Technische Gestaltungsmöglichkeiten

Die Versorgung der Arbeitsplätze mit Rechnerleistung kann auf unterschiedliche Weise gestaltet werden. Zunächst kommen die traditionell an den Hochschulen vorhandenen einfachen Terminals mit Direktanschluß an das Rechenzentrum in

Betracht. Vorherrschende Ausstattung soll künftig jedoch der Arbeitsplatzrechner sein; in vielen Fällen können auch Mehrplatzsysteme eingesetzt werden. Wesentliche Bedingung für alle Arbeitsplätze ist ihre Netzfähigkeit, so daß auch höchste Rechnerleistungen und vielfältige Netzdienste in der Arbeitsumgebung des Benutzers zur Verfügung stehen. Voraussetzung dafür ist jedoch eine möglichst weitreichende Durchgängigkeit der Computernetze sowie deren Anpassung an die internationale Normung.

5.2 Gemeinsam genutzte Rechnersysteme (Bereichsrechner)

In den bisherigen Abschnitten wurde mehrfach auf die Rechner der zweiten Versorgungsebene (Mini-, Superminicomputer) hingewiesen. Während bisher diese Rechner sowohl gegenüber den Großrechnern als auch den Mikros funktionell, technisch und organisatorisch gut abgrenzbar waren, werden sich zukünftig teilweise Überlagerungen ergeben. Von mancher Seite wird die Zukunft der mittleren Rechner im Versorgungssystem der Hochschulen sogar grundsätzlich in Zweifel gezogen. Sicher ist zukünftig im Bereich der reinen Rechenleistung der 2-MIPS-Bereichsrechner nicht mehr gegen die 32-Bit-Arbeitsplatzrechner wettbewerbsfähig. Bereichsrechner mit einer größeren Nutzergruppe werden aber durch reine Leistungsvergleiche der Prozessoren nicht ausreichend bewertet. Sie übernehmen zukünftig vermehrt Sonderfunktionen qualitativer Art, die inhaltlich von der apparativen Sonderausstattung, aber auch von der Kostenseite und dem Organisationsaufwand her eine gemeinsame Nutzung als die fallspezifisch günstigste Lösung ergeben.

Auf der Ebene einer mittleren Organisationseinheit lassen sich beispielsweise folgende Einsatzprofile für Bereichsrechner unterscheiden:

1. Dienstleistungsrechner (Server) übernehmen für eine größere Zahl von Nutzern Aufgaben, bei denen aus sachlichen Gründen eine Zusammenfassung und ein gemeinsamer Zugriff geboten sind, z. B. bei institutsweiten gemeinsamen Beständen, zentral bereitgestellter Software oder ganz generell bei Kommunikationsdiensten. Aus wirtschaftlichen Gründen sollten aufwendige Sondergeräte wie Zeichengeräte, große Farbbildeinrichtungen, Bewegtbildgrafik usw. von mehreren Nutzern gemeinschaftlich angewendet werden. Für einfachen Übungsbetrieb und sporadischen Gebrauch können auch Mehrplatzsysteme mit einer größeren Zahl von Arbeitsplätzen als gruppenorientierte Lösung wirtschaftlich sowie räumlich und organisatorisch von Vorteil sein.
2. Ortsbereichsrechner: Nicht zuletzt wegen der hohen Postgebühren lassen sich zur Versorgung von Bereichen einer Hochschule Bereichsrechner als Multifunktionsserver einsetzen. Sie ermöglichen eine teilweise Autarkie und bringen

nur den Teil der Anforderungen auf Rechner außerhalb des Ortsbereichs, der lokal nicht erledigt werden kann. Dagegen sind die lokalen Aufwendungen für Wartung und Betrieb abzuwägen.

3. Die dritte auf Instituts-/Bereichsebene vorzusehende Rechnerfunktionsklasse bilden die Spezial- bzw. Sondersysteme für die Forschung. Beispiele sind Rechner für Laborautomatisierung, Fertigungssteuerung, allgemeine Prozeßrechneraufgaben, aber auch für Hochleistungs-CAD und die Sonderrechner der Mathematik. Bei diesen Anlagen ergeben sich oft wesentliche Investitionsanteile durch anwendungsspezifische Zusatzgeräte, besondere Hardware-/Softwareintegration und die Ankopplung an die technischen Prozesse. Zu den mittelgroßen Sondersystemen gehören auch kleine Vektorrechner/Vektorrechnerzusätze oder parallel arbeitende Rechner für Spezialaufgaben einer Institutsgruppe oder eines Fachbereichs.

5.3 Rechenzentren

5.3.1 Hochschulebene

Das traditionelle Rechenzentrum einer Hochschule wird seine Bedeutung auch in der Zukunft behalten, allerdings wird sich dessen Aufgabenstellung im Laufe der Zeit ändern. Großrechner oder Höchstleistungsrechner sind auch künftig unverzichtbar, um als Lastrechner für besonders anspruchsvolle Problemstellungen die Hochschulen zu bedienen. Darüber hinaus erfüllen Hochschulrechenzentren weitere übergreifende Versorgungsfunktionen.

5.3.2 Regionale und überregionale Ebene

Das System der Hochschulrechenzentren muß durch eine angemessene Anzahl regionaler und überregionaler Rechenzentren ergänzt werden. Sie dienen speziellen Versorgungsfunktionen und haben die Aufgabe, Rechenkapazitäten der hohen Leistungsklassen jenen Hochschulen zur Verfügung zu stellen, die selbst keine entsprechenden Anlagen betreiben. Überregionale Rechenzentren mit Höchstleistungsrechnern bieten ihre Kapazitäten allen Hochschulen zur Nutzung an. Voraussetzung für den effektiven Zugang zu diesen Rechenleistungen ist jedoch die Einrichtung von zusätzlichen Weitverkehrsnetzen mit höchsten Übertragungsraten.

5.4 Erforderliche Rechnernetze

Die Einrichtung leistungsfähiger Rechnernetze ist eine Konsequenz der Verbreitung der Arbeitsplatzrechner an den Hochschulen. Erst über diese Netze wird es möglich, das volle, nicht mehr in jedem Rechner, jeder Hochschule, ja nicht einmal jedem Land angebotene Spektrum heutiger und zukünftiger Computertechnik, wie es im vorangegangenen mehrfach beschrieben wurde, dennoch an jedem Arbeitsplatz verfügbar zu machen. Besonders Weitverkehrsnetze verbinden Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Informationszentren etc. untereinander und erlauben die Kooperation von Wissenschaftlern über die Hochschulgrenzen hinweg.

In den Hochschulen wird die Einrichtung von LANs eine Forderung an die Grundausrüstung fast aller Gebäude wie die nach Energie- und Wasserversorgung. In vielen Fällen wird diese datentechnische Erschließung der Gebäude über ein digitales Telefonnetz (ISDN) schrittweise erfolgen. Dennoch werden in vielen Fällen, wenn besonders hohe Ansprüche an die Übertragungsgeschwindigkeiten zu stellen sind, eigene Kabelnetze (4-Draht-Leitungen, Koax- und Glasfaserkabel) erforderlich sein. Wegen der Langfristigkeit derartiger Investitionen und dem beträchtlichen Verlegungsaufwand ist von vornherein hinreichend Übertragungskapazität für eine Entwicklung vorzusehen, an deren Anfang wir uns erst befinden. Aus dem gleichen Grunde sollte der Notwendigkeit, Rechner und Geräte verschiedener Hersteller an diese Netze anschließen zu müssen, durch den Einsatz international genormter Techniken weitgehend Rechnung getragen bzw. sollten eventuelle Migrationsprobleme von einer Betriebsphase zur nächsten von vornherein berücksichtigt werden. Die Einrichtung sowohl von Gebäudenetzen als auch weitreichender Netzverbundsysteme bedarf jeweils einer die ganze Hochschule umfassenden Konzeption.

Die überregionalen Netzdienste, die heute vor allem über das Deutsche Forschungsnetz (DFN) und das European Academic Research Network (EARN) bereitgestellt werden, sollten in Funktionsumfang und Übertragungsleistung weiter ausgebaut werden. Für die Inanspruchnahme dieser Netzdienste liegt ein Engpaß, vor allem nach dem Auslaufen der von der Firma IBM dankenswerterweise übernommenen Leitungsfinanzierung bis Ende 1987, mehr noch als in den technischen Restriktionen in der hohen finanziellen Belastung, in der Gebührenpolitik der Bundespost. Besonders hinderlich wirkt sich für manche Hochschulen der Tatbestand aus, daß diese hohen Gebühren bereits für die Verbindung mehrerer, räumlich durch öffentliches Gelände getrennter Standorte derselben Institution anfallen.

Die technische Betreuung der Netze in den Hochschulen sowie die Bereitstellung der internen und externen Netzdienste erfordert besonders qualifiziertes Personal, dessen Bereitstellung heute in der Regel sowohl vom Stellenplan als auch von der Qualifikation her erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Die Kommission für Rechenanlagen hat zu diesem Komplex im „Netzmemorandum – Notwendigkeit

und Kosten der modernen Telekommunikationstechniken im Hochschulbereich“ vom April 1987 ausführlich Stellung genommen.

5.5 Neue organisatorische Formen

Mit dem zunehmenden Einsatz von vernetzten Arbeitsplatzrechnern, lokalen Mehrplatzsystemen und Bereichsrechnern ergeben sich durchgreifende Strukturveränderungen für die Rechenzentrumsorganisation. Bisher zentral organisierte Servicefunktionen verlagern sich in die unmittelbare Arbeitsumgebung der Benutzer, z. B. die Druckerausgabe, die Verwaltung von maschinellen Datenträgern sowie die Pflege der lokalen Betriebssysteme und Anwenderprogramme. Gleiches gilt für die technisch-organisatorische Betreuung lokal aufgestellter Geräte.

Im Zuge der flächendeckenden Versorgung aller Hochschulbereiche mit DV-Geräten ergibt sich die Forderung nach einer der Dezentralisierung angemessenen Organisationsstruktur mit dezentralen Verantwortungsbereichen. Gleichzeitig entstehen für die Rechenzentren neue Aufgaben auf dem Gebiet der Hochschulcomputernetze. Planung, Betreuung und Überwachung des Netzbetriebes innerhalb eines Hochschulstandortes einschließlich dessen Zugang zu externen Datennetzen erfordern dort die Bildung und Schulung neuer Arbeitsgruppen. Die strategische Aufgabenstellung der Hochschulrechenzentren umfaßt außerdem die Planung und permanente Sicherstellung eines kohärenten mehrstufigen Versorgungskonzepts der Hochschule. Dazu kommt auch das Management für den andauernden Technologieersatz und die Durchführung der damit verbundenen Migrationsaufgaben. Im einzelnen muß schließlich das Rechenzentrum dafür sorgen, daß Arbeitsplatzrechner an die Netzbetriebssysteme angepaßt werden und die Zugriffsüberwachung in Verbindung mit Datenschutzmechanismen gewahrt wird. Zur Kostensenkung in der Rechner- und Netzbedienung sind die Möglichkeiten der Betriebsautomatisierung in vollem Umfang zu nutzen. Darüber hinaus erfordert der Betrieb von dezentralen Computerinstallationen zusätzliche Personalkapazität, die in den Instituten und Fachbereichen nicht zur Verfügung steht. Zur Entlastung des vorhandenen wissenschaftlichen Personals sind insbesondere auf dem Gebiet der studentischen Ausbildung zusätzliche Personalinvestitionen notwendig.

6 Technische und organisatorische Aspekte der Anwendung und des Betriebs von DV-Anlagen

6.1 Konzeptionelle Aspekte

Das technologische Veralten von Rechenanlagen verlangt heute und in absehbarer Zeit ihren Einsatz eher in kürzeren Zeiträumen als in der Vergangenheit, so daß Erneuerungszyklen von fünf bis sechs Jahren, wie sie sich bei Fortsetzung der gegenwärtigen Investitionsstrategie etwa bei den Zentralrechnern der wissenschaftlichen Hochschulen ergeben würden, in der Regel nicht überschritten werden sollten. Im Interesse einer mit dem Stand der Technik Schritt haltenden Ausbildung besteht hier jedoch bei den Fachhochschulen ein stärkerer Nachholbedarf.

Aus dem schnellen Veralten der Rechenanlagen folgt weiter, daß diese – bis auf geringfügige Abrundungsinvestitionen – in der Regel bereits bei ihrer Anschaffung optimal konfiguriert werden sollten und nur ausnahmsweise erst in einem zweiten, zwei bis drei Jahre späteren Schritt. Nur so kann über die ohnehin kurze Lebensdauer der Anlage hinweg ein Maximum an Wirtschaftlichkeit und Modernität für die DV-Versorgung der Hochschulen erreicht werden.

Die mehrstufigen DV-Konzepte, die die Kommission wiederholt empfohlen hat und die darauf abzielen, für die kleineren Aufgaben kleinere Rechner zu beschaffen und die großen, zentralen Anlagen den wirklich großen Aufgaben vorzubehalten, führen ohnehin infolge der größeren Zahl der Beschaffungen in den unteren Ebenen zu einer Verstetigung des Zuwachses der gesamten DV-Kapazität einer Hochschule.

Bei lokal installierten Systemen gewinnen neben den Kosten für die Hardware die für Software erheblich an Gewicht. Allein letztere können zum Beispiel bei ausgedehnten Funktionsanforderungen durchaus die Größenordnung jener der Hardware erreichen. Auch der Aufwand für Systempflege fällt bei zunehmender Zahl, insbesondere unterschiedlicher Systeme, immer mehr ins Gewicht. Um diesen Aufwand in Schranken zu halten, haben die Hochschulen die Installation lokaler und kleinerer Rechner nach wohlüberlegten Konzepten durchzuführen. So ist z. B. an die Bildung von Clustern in Verbindung mit Rechnernetzen zu denken, die im Hard- und Softwarebereich die Typenvielfalt auf ein absolut notwendiges Maß reduzieren und Kompatibilität sowie Normungsgesichtspunkten Rechnung tragen.

6.2 Steuerung der Nutzung

Die Vielfalt des Angebots von DV-Ressourcen für den einzelnen Nutzer, angefangen vom Rechner am Arbeitsplatz über zentrale, hochschuleigene bis hin zu überregionalen Rechnerressourcen, erfordert neue Verteilungs- und Steuerungsmechanismen, die es einerseits dem Nutzer erlauben, die modernen technischen Möglichkeiten voll auszuschöpfen, andererseits eine ungerechtfertigte Inanspruchnahme teurer Ressourcen verhindern.

Da manche dieser Ressourcen aus Kostengründen unter Umständen nur an wenigen Stellen innerhalb eines Landes oder gar der Bundesrepublik angeboten werden können, sind nicht nur hochschulinterne, sondern auch landes- und bundesweit gültige Regelungen erforderlich. Die in den Empfehlungen des Wissenschaftsrates zur Ausstattung der Hochschulen mit Rechenkapazität enthaltenen Ausführungen sind als generelle Zielvorgaben voll zu unterstützen, ihre Umsetzung in konkrete Regelungen bedarf jedoch sorgfältiger Analyse und weitgefächertes Sachkenntnis. Scheinbar bestechend einfache Steuerungsmechanismen, wie die Erhebung von Gebühren, haben sich in verschiedenen Ländern – jüngst erst wieder in den Niederlanden – als unpraktikabel erwiesen, da ein Gleichgewicht zwischen Ressourcenangebot und verfügbaren Mitteln für deren Nutzung längerfristig nicht in befriedigender Weise erreichbar war.

6.3 Anlagenwartung und -betreuung

Während in den Rechenzentren trotz Differenzierung und Steigerung des Leistungsangebots die Aufwendungen für Wartung dank technischer Fortschritte noch innerhalb normaler Budgetentwicklung bleiben, sind die Institutsetats meist nicht auf die Belastung hin ausgelegt, die allein die Wartung der Computerisierung der Arbeitsplätze mit sich bringt. Die jährlichen Wartungskosten sind zwar bei Geräten mit hohem Elektronikanteil und gängigen Prozessoren im unteren Leistungsbereich z. T. bis auf 2 % der Investitionssumme abgesunken, erreichen aber bei Geräten mit viel Mechanik (Drucker) 10 %, bei Spezialgeräten relativ geringer Stückzahlen wie z. B. hochwertiger grafischer Arbeitsplätze bis zu 15 % der Kaufsumme. In finanziell ähnlicher Größenordnung liegen die Verhältnisse bei der Software.

Zur Eindämmung dieser Kosten müssen verschiedene Maßnahmen ins Auge gefaßt werden:

- besondere Berücksichtigung von Geräten und Software mit Langzeitgarantien bei der Beschaffung;
- spezielle Vereinbarungen mit Lieferanten über Fernbetreuung und Fernwartung, eventuell in Verbindung mit einem hochschulinternen Kompetenzzentrum für Probleme einfacher bis mittlerer Komplexität;

- bei Hochschulen, die sich dank einer DV-technisch günstigeren Infrastruktur weitgehend der Abrufwartung bedienen können, mindert die Einrichtung nach dem Versicherungsprinzip aufgebauter, hochschulinterner Finanzpools die finanziellen Risiken der Institute.

Darüber hinaus sind realistische Ansätze in den Haushalten für die laufenden Kosten der in den Hochschulen höher technisierten Arbeitsplätze nötig. Um generell die rasche Akzeptanz der neuen DV-technischen Hilfsmittel auch bei Normalbenutzern zu gewährleisten, ist zumindest für die nächsten Jahre Beratungspersonal bereitzustellen, im Mittel für 100 Arbeitsplatzrechner mindestens eine hauptamtliche Person.

6.4 Softwareversorgung

Die in die Hunderte und Tausende gehenden Zahlen individuell genutzter Rechner an Hochschulen ziehen eine noch größere Zahl von Softwareprodukten nach sich. Die von den Zentralrechnern her bekannte gleichzeitige Mehrfachnutzung von Softwareprodukten scheidet meist aus oder ist höchstens noch in sehr beschränktem Umfang möglich. Berücksichtigt man ferner, daß ein Teil der Software als Werkzeug für die tägliche Arbeit, ein anderer Teil wegen seines Charakters als Wissenskonserve dagegen nur gelegentlich genutzt wird, so ergibt sich für die Hochschulen ein erheblich größeres Problem bei der adäquaten Softwareversorgung als bei Institutionen der Wirtschaft und Verwaltung. Diesem kann längerfristig nur durch ein auf diese speziellen Verhältnisse hin ausgerichtetes Marktangebot Rechnung getragen werden. Minimalanforderung in dieser Richtung wäre z. B. die Unterscheidung zwischen Software,

- die praktisch zur Grundausstattung jedes Rechners gehört,
- die nur zeitweise, aber dann intensiv genutzt wird (z. B. für Lehrveranstaltungen von nur wenigen Wochen, mit Wiederholung im Jahresrhythmus),
- die nur gelegentlich von einzelnen zur Einarbeitung, zur Orientierung oder zum Test genutzt wird („Schnuppersoftware“).

Die Software sollte nicht an eine bestimmte Anlage lizenzrechtlich gebunden sein, sondern an Personen oder Personengruppen (wiss. Mitarbeiter, Studenten etc.), wobei die Portierung der Software von der einen zur anderen Anlage nicht nur über Disketten, sondern auch über Server oder Rechnernetze möglich sein sollte. Die Frage nach den Möglichkeiten einer Softwareausleihe muß auch gemeinsam mit den Hochschulbibliotheken aufgegriffen werden. Gerade für fächerübergreifende Software bietet sich die Beschaffung mittels Sammellizenzen an, sofern verwaltungstechnisch geeignete Wege für eine gegebenenfalls benötigte Vorfinanzierung gefunden werden.

Wenn auch die Softwareversorgung der Hochschulen im Interesse der wissenschaftlichen Aktualität und Vielfalt nicht rein unter ökonomischen Gesichtspunkten betrachtet werden darf, so ist doch zu überlegen, ob nicht Kooperationen zwischen Hochschulen, etwa in Form eines Softwarevereins oder eines Software-Informationszentrums, den Hochschulen einen großen Teil bisher parallel ausgeführter Routinearbeit bei der Beschaffung und Aktualisierung von gängiger Software abnehmen könnten. Im Bereich der Forschung ist dies vermutlich am wenigstens möglich; hier wird man sogar im Interesse der schnellen Nutzung neuester Produkte manchmal erhebliche Summen aufbringen müssen, noch bevor spezielle Hochschulkonditionen allgemein angeboten werden.

Die wissenschaftliche und didaktische Arbeit der Hochschulen wird sich in zunehmendem Maße auch in von ihnen erstellter Software manifestieren. Deshalb sind Softwareentwicklungssysteme vonnöten mit einer Benutzeroberfläche, die der Qualitätssicherung dient und zu erheblichen Verkürzungen der Entwicklungszeiten führt. Mit zunehmender Portabilität derartiger Softwaresysteme werden diese sich auch zu möglichen Qualitätskriterien für zukünftige Hochschullehrer entwickeln. Die Einrichtung überregionaler Kooperations- und Softwarebörsen könnte diese Entwicklung in der Bundesrepublik fördern.

6.5 Personelle Aspekte

Die technische Entwicklung und – als Folge davon – gesetzliche Regelungen haben es mit sich gebracht, daß die Aufgaben des Rechenzentrumspersonals um drei Grundaufgaben erweitert wurden (s. auch Abschnitt 3.2):

- Konzipierung, Beschaffung, Fortentwicklung und Betrieb des Übertragungsnetzes.
- Beratung und Koordinierung zur Beschaffung von Rechensystemen in den Fachbereichen und Instituten.
- Fachliche Betreuung des Personals bei den dezentral aufgestellten Rechnern der Hochschule bis hin zur betriebsfachlichen Aufsicht.

Es handelt sich ausnahmslos um Aufgaben, die zwar aus dem dezentralen Teil des Versorgungskonzepts folgen, aber von zentraler Stelle aus wahrgenommen werden müssen. Sie erfordern eine hohe fachliche, teilweise auch sehr spezialisierte Ausbildung. Dieser erweiterte Aufgabenkatalog führte zu einer Verschiebung des Aufgabenprofils, so daß dieses oft nicht mehr mit dem Stellenplan übereinstimmt. An den Fachhochschulen ist die Situation besonders prekär, da hier die personelle Ausstattung meistens nicht einmal den traditionellen Aufgaben des Rechenzentrums zahlenmäßig angemessen ist.

Der Personalaufwand für die außerhalb des Rechenzentrums betriebenen An-

lagen geht überwiegend zu Lasten des Lehr- und Forschungspersonals der Institute. Hierbei spielt eine Rolle, daß die Beschäftigung mit dem Rechner und insbesondere sein fachspezifischer Einsatz für die Beteiligten eine zusätzliche berufliche Qualifikation mit sich bringt, die den damit verbundenen Zeitaufwand aufwiegt. In Instituten, die diesen Sachverhalt erkennen, wird bereits bei der Einsatzplanung für den Nachwuchswissenschaftler der hierfür nötige Einarbeitungs-, Qualifikations- und anfängliche Betreuungsaufwand mit in Betracht gezogen. Daneben ist natürlich in größeren Organisationseinheiten ein gewisser, rein technischer, nicht weiter fachlich qualifizierender Betreuungsaufwand für Hard- und Software erforderlich. Gerade von dieser Betreuung hängt sogar oft die Akzeptanz der neuen DV-Techniken beim Normalbenutzer ab.

Generell ist festzustellen, daß durch zunehmende Dezentralisierung der Rechenleistung den Rechenzentren über Betrieb und Betreuung der Rechnernetze sowie Planung, Beratung, Betreuung und Schulung im Bereich der dezentralen Systeme mehr Personalbedarf zuwächst, als Personal durch Rationalisierung im eigenen Bereich und durch Verlagerung von Dienstleistungen auf die Endbenutzer freigestellt wird.

7 **Finanzielle Aufwendungen**

7.1 **Bisherige jährliche Aufwendungen zur Beschaffung von Rechnern**

Die hier vorliegenden Zahlenangaben ergeben sich aus den zur Aufnahme in den Rahmenplan empfohlenen HBFG-Anmeldungen in den jeweiligen Jahren; die Angaben in den Empfehlungen des Wissenschaftsrates legen das Jahr der Aufnahme in den Rahmenplan zugrunde. Hierdurch ergeben sich geringfügige Verschiebungen. Generell ist zu beachten, daß die vorliegende Tabelle nicht die Aufwendungen wiedergibt, die sich aus sonstigen Finanzierungsprogrammen ergeben, wie z. B. das mittlerweile ausgelaufene Programm zur Errichtung Regionaler Rechenzentren, oder aus der Investition von DFG-Mitteln. Hinzu kommen noch Investitionen, die geringer als 150 000 DM sind und somit nicht unter die Beteiligung des HBFG fallen. Um die Zuverlässigkeit der Werte noch zu erhärten, wäre es darüber hinaus notwendig, nicht die bewilligten, sondern die ausgegebenen Beträge zu verwenden.

Da die hier betrachteten Mittel jedoch nahezu ausschließlich der Planung für Beschaffungen im Rahmen des HBFG dienen, gibt die Tabelle zu diesem Zweck eine ausreichend genaue Übersicht.

7.2 **Im Planungszeitraum erforderliche Aufwendungen für Investitionen**

7.2.1 Höchstleistungsrechner zur Versorgung mehrerer Hochschulen

Noch stärker als bisher besteht die Notwendigkeit, Höchstleistungsrechner für ausgewählte Hochschulstandorte als Gemeinschaftsrechner für die Universitäten eines Landes oder eine anderweitig aus fachlichen oder räumlichen Aspekten gemeinsam zu betrachtende Gruppe von Hochschulen oder Wissenschaftlern einzurichten. Die bisherigen Installationen, ihre rasche Akzeptanz und extrem intensive Ausnutzung zeigen, wie weit mit diesen Maschinen neue wissenschaftliche Möglichkeiten erschlossen werden können.

Für den Planungszeitraum ist es erforderlich, zusätzlich zu den Maschinen in Großforschungseinrichtungen und außeruniversitären Zentren jährlich zwei neue Höchstleistungsrechner aufzustellen. Die jeweiligen Standorte müssen im Einzelfall bestimmt werden, jedoch zeigt die bisherige Erfahrung, daß Hochschulregionen mit technischer und naturwissenschaftlicher Forschung solche Rechner besonders intensiv nutzen. Die Existenz dieser Höchstleistungsrechner vermindert nicht den Bedarf an im Zusammenhang mit großen Universalrechnern erforderlichen

Jahr	Rechenzentren (Wiss. H. und F. H.)	Institutsrechner, dedizierte Systeme	lokale Arbeitsplatzrechner	CIP-Anmeldungen	Medizin, Verwaltung, Bibliotheken	Summen
1980						
Anz	38	50	1		31	120
%	31,7	41,7	0,8		25,8	100
TDM	30 228	18 253	388		30 127	78 996
%	38,3	23,1	0,5		38,1	100
1981						
Anz	26	27	1		20	74
%	35,1	36,5	1,4		27,0	100
TDM	44 181	14 712	250		18 652	77 795
%	56,8	18,9	0,3		24,0	100
1982						
Anz	23	30	3		15	71
%	32,4	42,3	4,2		21,1	100
TDM	40 622	14 081	1 230		9 359	65 292
%	62,2	21,6	1,9		14,3	100
1983						
Anz	28	38	2		23	91
%	30,8	41,8	2,2		25,3	100
TDM	61 268	16 525	541		18 665	96 999
%	63,2	17,0	0,6		19,2	100
1984						
Anz	35	58	5		34	132
%	26,5	43,9	3,8		25,8	100
TDM	89 179	28 769	1 429		19 131	138 508
%	64,4	20,8	1,0		13,8	100
1985						
Anz	47	57	17	82	40	243
%	19,3	23,5	7,0	33,7	16,5	100
TDM	73 878	27 261	10 254	56 945	22 254	190 592
%	38,7	14,3	5,4	29,9	11,7	100
1986						
Anz	35	115	30	102	45	327
%	10,7	35,2	9,2	31,2	13,7	100
TDM	114 375	72 051	16 551	63 955	34 724	301 656
%	37,9	23,9	5,5	21,2	11,5	100
Gesamt						
Anz	232	375	59	184	208	1 058
%	21,9	35,4	5,6	17,4	19,7	100
TDM	453 731	191 652	30 643	120 900	152 912	949 838
%	47,8	20,2	3,2	12,7	16,1	100

Die Angaben in der linken Spalte bedeuten

Anz = Anzahl der Anmeldungen

% = Anteil an der Jahressumme der Anmeldungen

TDM = Aufwendungen in tausend DM

% = Anteil an der Jahressumme der Aufwendungen

Zusatzfunktionen oder zugeschalteten speziellen Recheneinheiten. Setzt man, bezogen auf das Preisniveau 1991, einen Durchschnittsbetrag von ca. 21 Millionen DM für ein solches System an, so erfordert diese Vorgehensweise eine Investition von 42 Millionen DM pro Jahr, wenn man von einer durchschnittlichen Standzeit der Maschinen von 7 Jahren und etwa 14 Standorten ausgeht.

7.2.2 *Hochschulweite Gemeinschaftsanlagen in Rechenzentren*

Die Aufgaben der Hochschulrechenzentren erfahren mit der stärkeren Auffächerung der Versorgungsstruktur eine neue Akzentuierung und größere Differenzierung. Auch der Investitionsbedarf wird sich stärker differenzieren. Nur auf ihn soll an dieser Stelle eingegangen werden, weil hierfür auch die zentrale betriebliche Verantwortung beim Rechenzentrum liegt (hochschulweite Gemeinschaftsanlagen). Es ist unbestritten, daß jede größere Hochschule auch in der absehbaren Zukunft einen oder mehrere Universalrechner für die hochschulweite Versorgung betreiben muß, dies ist mehr als eine Frage der Kontinuität und Sicherung der Benutzerinvestitionen in die Software. Zur Steigerung der Rechenleistung für große naturwissenschaftlich-technische Aufgaben werden an einer Reihe von Hochschulrechenzentren Vektorprozessoren oder kompakte Vektorrechner benötigt. Weiter soll das Rechenzentrum besonders aufwendige oder betreuungsintensive Rechnerzusatzgeräte wie Plotter, Mikrofilmanlagen, Lesemaschinen usw. für die ganze Hochschule beschaffen und betreiben.

Da bereits ein guter Versorgungsstand in den Hochschulrechenzentren in der Bundesrepublik erreicht ist, ist in den nächsten Jahren vorzugsweise Ersatzbedarf zu befriedigen. Nach den Erfahrungen der Kommission für Rechenanlagen kostet die Ersatzbeschaffung eines Universalrechners einer wissenschaftlichen Hochschule im bundesweiten Durchschnitt gegenwärtig 8–9 Millionen DM. Diese Größenordnung ist auch zukünftig anzusetzen, wobei sich die Fortschritte in der Technologie in einem stetigen Leistungszuwachs der neubeschafften Anlagen niederschlagen.

Bei einer Standzeit von 6–7 Jahren ist mit jährlichen Aufwendungen von rund 60 Millionen DM zu rechnen.

7.2.3 *Bereichsrechner, Spezialrechner*

Obwohl, wie in den vorigen Abschnitten ausgeführt, der deutliche Trend zur Auslagerung der Rechnerkapazitäten an die Arbeitsplätze im Planungszeitraum zu erweiterter Funktionalität führen wird, werden mittelgroße Rechner sowohl in der Allgemeinversorgung als auch in vielen Formen der Sondernutzung (Spezialsysteme) in den neunziger Jahren weiterhin eine Rolle spielen. Fachbereichs- und Institutsrechner mit einfachen Terminals können sowohl für die Forschung als auch für die Lehre, gerade bei großen Studentenzahlen mit nur sporadischer Nutzung, durchaus eine sinnvolle und wirtschaftliche Alternative zu Arbeitsplatzrechnern sein.

Unverzichtbar ist zudem auch weiterhin die Zentralisierung von Bereichsservern

zur Erbringung von Dienstleistungsfunktionen wie File Server, Hochqualitäts-Druckserver, Kommunikationsserver usw. Teilweise kann sich hier eine Überlap-
pfung mit Funktionen des Rechenzentrums ergeben. Hierfür sind jährlich etwa
15–20 Millionen DM anzusetzen.

Besonders in den Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften wird die
Nachfrage nach Spezialsystemen, z. B. der Prozeßsteuerung, Fertigungstechnik,
CAD-Technik, Laborautomatisierung, deutlich über den heutigen Stand anstei-
gen. Ähnliches gilt für die Informatik, wo zusätzlich zu universell verwendbaren
Arbeitsplatzstationen und gruppenspezifischen Bereichsrechnern in Informatik-
laboratorien zunehmend Sondersysteme, z. B. in der Künstlichen Intelligenz, bei
der Bild-, Sprach-, Mustererkennung, in der Handhabungstechnik (Robotik), in
der Telekommunikations-, Vermittlungs- und Endgerätetechnik sowie in Hard-
ware-/Softwareentwurfssystemen benutzt werden.

Als Ansatz sind für den Bereich der Ingenieur- und Naturwissenschaften jährlich
40–50 Millionen DM, für den Bereich der Informatik 20 Millionen DM pro Jahr
angemessen. Etwa die Hälfte der letztgenannten Gesamtsumme von 60–70 Millio-
nen DM ist in der Grundfinanzierung vorzusehen, während angenommen werden
kann, daß die anderen 50 % aus Sondermaßnahmen der Projekt- und angewandten
Forschungsförderung beschafft werden können. Dabei ist allerdings die Folge-
kostenproblematik zu sehen.

7.2.4 Rechnergestützte Arbeitsplätze für Studenten

Für die Planung ist davon auszugehen, daß die mit dem Computer-Investitions-
Programm beschafften Geräte in den Hochschulen im wesentlichen für den Kurs-
betrieb in der Grundausbildung zur Verfügung stehen. Für die fortgeschrittene, in
erheblichem Umfang fachspezifische Studentenausbildung und für die eigenstän-
dige Rechnernutzung fehlt es dagegen heute an den Hochschulen an geeigneten
Geräten. Zudem muß bei den CIP-Beschaffungen auf der Basis einer maximal
fünf- bis sechsjährigen Nutzungszeit ab 1990 mit umfangreichen Ersatzbeschaffun-
gen gerechnet werden.

Als Richtzahlen für die Ermittlung eines nach heutiger Sicht notwendigen
jährlichen Bedarfs (Dauerbedarf nach Durchführung der Aufbauphase) für die
Studentenausbildung können folgende Modellannahmen zugrunde gelegt werden:

– *Studentische Grundausbildung*

(alle Disziplinen außer Informatik und Studenten im Hauptstudium der Natur-
und Ingenieurwissenschaften):

Sollzahlen nach Wissenschaftsrat	:	615 000
		Studenten
Angestrebte Relation Arbeitsplatz/Student	:	1:15
Für die Grundausbildung benötigte Rechner somit	:	41 000

Erwarteter Preis 1990/91 pro Gerät (durchschnittliche Kosten einschließlich Software, Speicher [Server], Druckkapazitäten und anteilige Kosten für ein einfaches PC-Netz)	: 5 000 DM
Gesamtinvestitionskosten	: 204 Mio. DM
Permanente jährliche Kosten bei Erneuerungsrate von 6 Jahren	: 34 Mio. DM

Erläuterung:

Ein Verhältnis Arbeitsplätze/Studenten von 1:15 ergibt bei einer durchschnittlichen Nettonutzung von 45–60 Wochenstunden eine Übungszeit pro Student von mindestens 3–4 Stunden pro Woche (200 pro Jahr). Diese Zeit darf nicht mit der Angabe von Semesterwochenstunden verwechselt werden, sondern bezieht sich auf die effektiv aufgewendete Arbeitszeit.

Bei einem 4,5jährigen Studium ergeben sich pro Student weniger als 1000 Dialogübungsstunden am Rechner. Unterstellt man in einer Plausibilitätsrechnung den Arbeitsaufwand für ein vollständiges Studium mit ca. 7500 Arbeitsstunden, werden bei 4 Stunden Wochenarbeitszeit am Rechner etwa 12 % der Studienarbeitszeit am Rechner verbraucht. Bei diesen Zahlenverhältnissen kann somit nicht von einem übersteigerten Rechnergebrauch auf Kosten anderer Lehr- und Lernformen gesprochen werden.

– *Fortgeschrittene Studentenausbildung*
(Informatik und Hauptstudium der Natur- und Ingenieurwissenschaften):

Ein über die Grundausbildung deutlich in Quantität und Qualität hinausgehender Ausbildungsaufwand ist bei Informatik- und Ingenieurstudenten zu erwarten. Spezifische, technisch-wissenschaftliche Anwendungen erfordern Hochleistungs-Arbeitsplatzrechner mit großen Bildschirmen hoher Auflösung in Farbe und Grafik sowie schnelle Prozessoren, umfangreiche Speicher und spezielle technische Zusatzgeräte.

Auch die Übungszeit pro Student liegt in der vertiefenden Ausbildung deutlich höher als in der Grundausbildung.

Sollzahlen nach Wissenschaftsrat

Ingenieur- und Naturwissenschaften	: 150 000
Informatik	: 25 000

Angestrebte Relation Rechnerarbeitsplatz/Student
(zusätzlich zur Grundausbildung)

Ingenieur- und Naturwissenschaften	: 1:12
Informatik	: 1:7

Anzahl benötigter Rechner : 16 000

Erwarteter Preis 1990/91 pro Gerät : 15 000 DM

Gesamtinvestitionskosten : 240 Mio. DM

Permanente jährliche Kosten bei Erneuerungsrate von
6 Jahren : 40 Mio. DM

Erläuterung:

Als Minimum wären für Ingenieure und Naturwissenschaftler 6 Stunden pro Woche anzusetzen. Für Informatikstudenten muß mit mindestens 10 aktiven Rechnerarbeitsstunden pro Woche kalkuliert werden. Da andererseits in diesen Zeiten umfangreiche Studien-, Diplom- und fortgeschrittene Praktikumsarbeiten enthalten sind, ist es nicht unrealistisch, mit einem Nutzungsgrad von 72 Stunden/Woche zu rechnen.

Es ergibt sich somit ein Arbeitsplatzrechner für 7 Studenten der Informatik bzw. 12 ^{Fachgruppen} ~~Stunden~~ im Mittel über das Fächerspektrum der Natur- und Ingenieurwissenschaften, wobei bei der Umsetzung sicher fachspezifische Nutzungsunterschiede zu berücksichtigen sind.

Nach den Statistiken des Wissenschaftsrates ist auf der Basis der Studienanfänger 1985/86 Ende des Jahrzehntes mit 150 000 Studenten im Hauptstudium Ingenieur- und Naturwissenschaften zu rechnen, die Informatikerzahl liegt bei 25 000 Studenten (in beiden Fällen wissenschaftliche Hochschulen und Fachhochschulen).

Die Gesamtzahl der benötigten Arbeitsplatzrechner beträgt danach am Ende der Planungsperiode des Wissenschaftsrates (1988–1993) 16 000 Geräte. Die durchschnittlichen Kosten liegen auch bei Annahme einer gleichbleibend hohen Verbesserungsrate im Preis-Leistungs-Verhältnis voraussichtlich im Zeitdurchschnitt der Planungsperiode bei mindestens 15 000 DM, wobei breitverfügbare Grund- und Anwendungssoftware sowie Netzkomponenten und fachspezifische Spezialperipherie anteilig eingerechnet sind. Nicht berücksichtigt ist sehr aufwendige Spezialsoftware wie 3D-CAD-Pakete, große naturwissenschaftlich/technische Berechnungs- und Simulationsprogramme usw.

Die Gesamtkosten 16 000 Geräte \times 15 000 DM belaufen sich auf 240 Millionen DM oder jährlich bei einer Erneuerungsrate von 6 Jahren auf 40 Millionen DM.

Der Bestand an Hochleistungs-Arbeitsplatzstationen für die direkte Nutzung durch Studenten an den Universitäten und Fachhochschulen ist gegenwärtig noch vernachlässigbar gering. Es wird daher nachdrücklich empfohlen, ab 1988 jährlich die genannten 40 Millionen bereitzustellen, um bis spätestens 1993 den genannten Mindestbestand von 16 000 Geräten für die Ausbildung erreicht zu haben.

7.2.5 Rechnergestützte Arbeitsplätze für Wissenschaftler

Der angemessenen Ausstattung der an den Hochschulen tätigen Wissenschaftler (Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter) mit am Arbeitsplatz verfügbarer Hardware- und Softwarekapazität ist sowohl aus Gründen der international wett-

bewerbsfähigen Forschung als auch der zukunftsorientierten Ausbildung große Aufmerksamkeit zu schenken. Dabei ist auch der Übungs- und Weiterbildungsbedarf des wissenschaftlichen Personals zu berücksichtigen. Eine Verbesserung des studentischen Zugangs zu modernen Formen der Rechnernutzung ist auf die Dauer weder inhaltlich noch didaktisch sinnvoll, wenn die rechnerbezogenen Lehrveranstaltungen nur auf die traditionelle Stoffdarbietung aufgesetzt werden und der Student keine organische Integration erkennen kann.

In der Forschung müssen in allen Disziplinen u. a. die fachspezifischen Nutzungsformen der neuen Mittel der Informatik und Informationstechnik erforscht und aufgearbeitet werden, um sie für die wissenschaftliche Weiterentwicklung des Faches, die Umsetzung von Ergebnissen in die Berufspraxis und die studentische Ausbildung verfügbar zu machen.

Erhebliche Nutzungsunterschiede über das Spektrum der Disziplinen werden sich in den nächsten Jahren kaum ausgleichen, doch ist zu erwarten, daß auf dem heute erreichten Stand der Technologienutzbarkeit immer mehr heute computerferne Fachgruppen zumindest in Pionieranwendungen sich dem Rechnereinsatz zuwenden werden.

Eine Gesamtschätzung, nach Fächergruppen differenziert, ergibt einen Bedarf von etwa 25 000 Arbeitsplatzrechnern bis zum Jahr 1993. Bezogen auf das gesamte, heute an den Hochschulen tätige (Planstellen-)Wissenschaftspersonal von ca. 90 000 Personen (29 000 Professoren, 61 000 Assistenten, wiss. Mittelbau) ergibt sich ein Versorgungsgrad von knapp 28 %, d. h., gut jeder vierte an einer Hochschule hauptamtlich tätige Wissenschaftler hätte 1992/93 einen individuell nutzbaren professionellen Arbeitsplatzrechner zur Verfügung. In diesen Zahlen sind Drittmittelpersonal und Doktoranden, bei denen sicher ein überdurchschnittlicher Nutzungsbedarf zu erwarten ist, nicht enthalten. Es ist daher sicher sinnvoll, einen nicht unbeträchtlichen Teil der Wissenschaftler-Arbeitsplatzrechner organisatorisch so zu disponieren, daß sie alternativ von mehreren Wissenschaftlern genutzt werden können.

Geht man bei diesen Arbeitsplatzrechnern von mittleren Kosten pro Gerät in Höhe von 20 000 DM aus, so ergibt sich bis 1993 ein Beschaffungsvolumen von 500 Millionen DM, d. h. im Mittel 83 Millionen DM pro Jahr.

Es ist unschwer einzusehen, daß nicht für alle Nutzungsformen in der Hochschularbeit Hochleistungs-Arbeitsplatzrechner erforderlich sind. Andererseits werden spätestens in 10–15 Jahren nur noch sehr wenige Wissenschaftler ohne jede Rechnernutzung auskommen können. In einer ausgewogenen Planung sind daher für Wissenschaftler, die bisher noch wenig oder keinen Kontakt zum Rechnereinsatz haben, Ansätze für die Beschaffung von Arbeitsplatzsystemen mittlerer Funktionalität, aber mit guter Softwareausstattung und hohem Bedienungskomfort vorzusehen. Als grobe Schätzung für die PC-orientierten Arbeitsplätze für Hochschulwissenschaftler kann ein Bedarf von etwa 14 000 Geräten bis 1993 angenommen werden. Bei einem Preisansatz von 4 000 DM ergibt sich ein Beschaffungsvolumen von 56 Millionen DM über 6 Jahre.

Faßt man die professionellen Wissenschaftler-Arbeitsplätze (25 000 Geräte) und die einfacheren PC-orientierten Geräte (14 000) zusammen, ergibt sich für 1993 ein Ausstattungsgrad von etwas über 40 %, bezogen auf die Gesamtzahl der heute auf Planstellen tätigen Hochschulwissenschaftler; eine Zahl, die im Kontext der Prognose zu sehen ist, daß 1995 jeder zweite Erwerbstätige in der Bundesrepublik regelmäßig auf Rechnernutzung angewiesen sein wird.

7.2.6 Netze

Da es erforderlich ist, die traditionelle Spitzenstellung der Bundesrepublik auf dem Gebiet der Kommunikationstechnologie, Märkte und Produkte intensiv zu verteidigen und möglichst noch zu erweitern, müssen die deutschen Hochschulen hierfür ihrerseits wichtige Vorarbeiten einschließlich der Breitenerschließung zukünftiger Nutzungsformen leisten. Das im Netzmemorandum der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu diesem Zwecke vorgeschlagene Versorgungsnetz, welches über eine Laufzeit von 6 Jahren errichtet werden soll, sieht bei DV-intensiven Fachrichtungen einen Netzanschluß für je 10 Hochschulangehörige, sonst einen Anschluß je 50 Hochschulangehörige vor. Hierzu besteht ein Investitionsbedarf von 182 Millionen DM bei einer Laufzeit von 6 Jahren, somit jährlich ca. 30 Millionen DM. Hinzu kommen pro Jahr Wartungskosten in Höhe von etwa 10–15 Millionen DM sowie entsprechende personelle Betreuung. Nach derzeitigem Preisniveau der Bundespost würden pro Jahr Übertragungskosten von ca. 20 Millionen DM bundesweit anfallen, jedoch laufen zur Zeit intensive Verhandlungen mit der Bundespost zur Ermöglichung von Sondermaßnahmen.

7.2.7 Zusammenfassung des Bedarfs an Investitionsmitteln

In der folgenden Tabelle sind die Angaben aus den Abschnitten 7.2.1 bis 7.2.6 zusammengefaßt, wobei die Gesamtkosten und die Gesamtzahl der Geräte in den Fällen, in denen bei der Modellrechnung 6 Jahre (1988–1993) zugrunde gelegt wurden, auf den Planungszeitraum 1988–1991 (4 Jahre) umgerechnet werden.

Dabei wurden die vom Wissenschaftsrat angesetzten Durchschnittspreise zugrunde gelegt.

	im Planungszeit- raum zu beschaf- fende Geräte (1988-1991)	Kosten insgesamt - Mio DM - (1988-1991)	durchschnittliche Kosten pro Jahr - Mio DM - (1988-1991)
Höchstleistungsrechner	8	168	42
Universalrechner	26-30	240	60
Bereichsserver	-	60-80	15-20
Spezialsysteme (Ingenieur-/Naturwissen- schaften)	-	240-280	60-70
Geräte für studentische Grundausbildung	27 300	136	34
Geräte für fortgeschrittene Studentenausbildung	10 000	160	40
Arbeitsplatzrechner für Wissenschaftler	16 700	330	83
PC-Arbeitsplätze für Wissenschaftler	9 300	37,3	9,3
Kommunikationsnetze			
- Investitionsbedarf	-	120	30
- Wartungskosten	-	40-60	10-15
- Übertragungskosten (ohne Berücksichtigung der derzeit laufenden Beratun- gen mit der Bundespost)	-	80	20

DFG