

Bedarf an Investitionsmitteln  
zur Beschaffung von Datenverarbeitungsanlagen  
für die Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland  
in den Jahren 1980 bis 1984

Empfehlung der  
Kommission für Rechenanlagen  
Deutsche Forschungsgemeinschaft



Bedarf an Investitionsmitteln zur Beschaffung  
von Datenverarbeitungsanlagen für die Hoch-  
schulen der Bundesrepublik Deutschland in den  
Jahren 1980 bis 1984

Empfehlung  
der  
Kommission für Rechenanlagen  
Deutsche Forschungsgemeinschaft  
Bonn-Bad Godesberg  
Mai 1979

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Vorwort	-5-
1. Grundlagen der Studie	-9-
2. Abgrenzung der Studie	-12-
3. Entwicklung der Bedarfsstruktur	-15-
3.1 Arbeitsformen	-15-
3.2 Technische Merkmale	-16-
3.3 Software-Technologie	-19-
4. Konzept der mehrstufigen Versorgung	-20-
4.1 Derzeitige Versorgungsstruktur	-20-
4.2 Entwicklungstendenzen	-21-
5. Entwicklung des DV-Bedarfs	-24-
5.1 DV-Bedarf der verschiedenen Fachgebiete	-24-
5.2 Bedarfs-Aufschlüsselung nach Instituten oder Abteilungen	-24-
5.3 Differenzierung des Bedarfs nach Lehre und Forschung	-24-
5.4 Bedarfsverteilung	-25-
5.5 Bedarfsprognose	-30-
6. Bedarf und technische Entwicklung	-32-
7. Abschätzung des Investitionsbedarfs	-34-
8. Zusammenfassung der Empfehlungen	-39-
9. Anhang (Tabellen und Diagramme)	-41-
9.1 Abbildungen	-41-
9.2 Aufstellung der an Hochschul- und Regional- rechenzentren installierten Großrechenanlagen	-51-
9.3 Aufstellung der im Rahmen des Informatikprogramms installierten Rechenanlagen	-53-
9.4 Quellenangaben	-54-

## VORWORT

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft war die Ausstattung der Hochschulen mit Rechenanlagen von Anfang an ein besonderes Anliegen. Nachdem bereits bei der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ein "Sonderausschuß für die Entwicklung elektronischer Rechenmaschinen" existiert hatte, wurde 1952 die Senatskommission für Rechenanlagen gegründet. Sie hat mit der Anregung zum Bau der ersten Rechenanlagen für die Wissenschaft die Förderung der Datenverarbeitung in der Bundesrepublik Deutschland eingeleitet. Während in den frühen fünfziger Jahren die Förderung des Eigenbaus von Rechenmaschinen und des Wissens um ihre Anwendung an einigen Hochschulen im Vordergrund der Förderung gestanden hatte, war die Forschungsgemeinschaft später, als Rechner von der Industrie gekauft werden konnten, darum bemüht, den Hochschulen die Möglichkeiten zur Nutzung dieser Geräte prinzipiell dadurch zu erschließen, daß an jeder Hochschule wenigstens eine Maschine aufgestellt wurde. Dazu richtete die Forschungsgemeinschaft ihr Rechenanlagenprogramm ein, welches aus dem früheren Schwerpunkt "Rechenanlagen" hervorging und bis etwa 1968 die einzig wesentliche Finanzierungsquelle für zentrale Rechenanlagen an den Hochschulen darstellte. Bis Ende 1968 wurden Maschinen im Wert von rund 150 Mio DM beschafft, bis heute hat sich dieser Wert verdoppelt.

Der wachsende Bedarf an den bestehenden Hochschulen und die Anforderungen der zahlreichen neugegründeten Universitäten ließen sich in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre nicht mehr allein mit den beschränkten Finanzmitteln der Forschungsgemeinschaft befriedigen. Sie trat daher an Bund und Länder mit dem Plan heran, die Rechenkapazität im Hochschulbereich durch Schaffung von regionalen Großrechenzentren zu verstärken. Daraus resultierte das Programm zur Errichtung regionaler Rechenzentren - kurz "Regionalprogramm" - , in dem Rechenanlagen mit 85%-iger Beteiligung des Bundes an den Investitionskosten beschafft werden können; 15% hat das jeweilige Sitzland zu tragen. Aus diesem Programm, das ebenfalls von der Kommission für Rechenanlagen fachlich betreut wird, sind seit 1968 14 regionale Hochschulrechenzentren errichtet worden; 5 weitere Hochschulen erhielten Rechner nach diesem für die Länder günstigen Finanzierungsschlüssel. Bis heute sind Investitionen im Umfang von rund 400 Mio DM im Regionalprogramm getätigt worden.

Das Regionalprogramm war zuletzt im 3. Datenverarbeitungsprogramm der Bundesregierung für den Zeitraum 1976 bis 1979 enthalten; es wird danach nur noch für zwei Jahre fortgesetzt. Die Forschungsgemeinschaft nimmt die Beendigung dieser wesentlichen Finanzierungskomponente für die Datenverarbeitung an den Hochschulen zum Anlaß, die im Hochschulbereich insgesamt in der ersten Hälfte der achtziger Jahre für notwendig gehaltenen Rechner- Investitionen aufzuzeigen. Dies entspricht ihrer satzungsgemäßen Aufgabe, Parlament und Behörden in wissenschaftlichen Fragen zu beraten, und trägt einem Wunsch der an der Finanzierung beteiligten Stellen Rechnung, der von Vertretern des Bundes und der Länder vor Jahresfrist geäußert worden war.

Nach den bisher für Großgeräte-Beschaffungen gemäß Hochschulbauförderungsgesetz vorliegenden Erfahrungen der Forschungsgemeinschaft sind in Zukunft finanzielle Engpässe nicht auszuschließen, wenn es darum geht, auch die bestehenden regionalen Rechenzentren in dieses Finanzierungsverfahren zu überführen. Umso wichtiger ist es, daß rechtzeitig verlässliche Planungsdaten zur Verfügung stehen, die es erlauben, die Belange aller Hochschulen bezüglich des weiteren bedarfsgerechten Ausbaus der Datenverarbeitungskapazität sowie der notwendigen Ersatzbeschaffungen ausgewogen zu berücksichtigen.

Die vorliegenden Empfehlungen sind zunächst als Orientierungsrahmen zu verstehen. Sie basieren auf der laufenden Tätigkeit der Kommission für Rechenanlagen bei der Begutachtung von Einzelanträgen und der damit einhergehenden ständigen Beobachtung der Entwicklung.

Im Einzelfall werden zusätzliche Detail-Planungen erforderlich sein, da die Studie in dieser Tiefe nicht konkretisiert ist. Auch in diesen Detail-Fragen wird die Deutsche Forschungsgemeinschaft die Hochschulen und die zuständigen Ministerien des Bundes und der Länder auf Wunsch im Rahmen der Möglichkeiten der Kommission für Rechenanlagen unterstützen.

Herr H.-D. Kippen, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,  
Herr M. Pelzer, Hessisches Kultusministerium,  
Herr W. Peters, Ministerium für Wissenschaft und Kunst des Landes  
Baden-Württemberg,  
Herr Dr. B. Reuse, Bundesministerium für Forschung und Technologie,  
Herr Prof. Dr. G. Seegmüller, Universität München,  
Herr Dr. W. Wigge, Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes  
Nordrhein-Westfalen,  
haben die Kommission für Rechenanlagen bei der Abfassung dieser Studie  
durch Überlassung von Materialien und zeitweise Mitarbeit unterstützt.  
Mein Dank gilt ihnen und den Mitgliedern der Kommission.

Bonn-Bad Godesberg, im Mai 1979

Professor Dr. Heinz Maier-Leibnitz  
Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

### 1. Grundlagen der Studie

In der vorliegenden Studie wird die Prognose für den Bedarf an DV-Investitionsmitteln in den Jahren 1980 bis 1984 weitestgehend aufgrund einer Analyse der Situation in den Jahren 1972 bis 1977/78 vorgenommen. Die Kommission für Rechenanlagen (KfR) berücksichtigt dabei ihre Erfahrungen bei der Bearbeitung einer Vielzahl von DV-Beschaffungsanträgen, ihre laufende Beobachtung der Forschung und Entwicklung auf dem DV-Sektor, den ständigen, tiefgreifenden Einblick in den DV-Markt sowie die Globaldaten der wesentlichen Finanzierungsprogramme zur Beschaffung von DV-Systemen im Hochschulbereich (vergleiche Kapitel 2). Dieses extrapolative Verfahren wurde nicht nur aus arbeitsökonomischen Gesichtspunkten gewählt; nach Auffassung der Kommission für Rechenanlagen würden andere Methoden, wie zum Beispiel eine detaillierte Bedarfs-Erhebung bei Benutzern oder eine umfangreiche Experten-Befragung bei ungleich höherem Aufwand die Genauigkeit der Vorhersage nicht verbessern. Bei der Prognose geht die Kommission für Rechenanlagen von folgenden grundlegenden Tatsachen aus:

1. Ein großer Teil der Fakten, die den notwendigen DV-Aufwand bestimmen werden, steht heute schon fest. Dies sind zum Beispiel
  - die existierenden Hochschulen, Fachbereiche und Institute,
  - derzeitige und künftig erwartete Studentenzahlen und daraus resultierender Bedarf für die Lehre,
  - Forschungsprogramme der existierenden Hochschulinstitute,
  - derzeitiger Anlagenbestand, der zum Teil in den Prognose-Zeitraum hinein oder auch darüber hinaus eingesetzt werden wird, zum Teil aber auch ersetzt werden muß.
  
2. Einige Einflußgrößen werden sich zwar ändern. In der Vergangenheit hat die Kommission für Rechenanlagen jedoch die Erfahrung gemacht, daß bei den wesentlichen Größen Trends im weitesten Sinn erkennbar sind und daß, auf das Ganze gesehen, Sprünge nicht erwartet werden können, die eine diskontinuierliche Entwicklung in dem hier betrachteten System erzwingen.

Es ist daher gestattet, aus der Entwicklung in der Vergangenheit mit der gebotenen Vorsicht auf die Zukunft zu schließen. Dies gilt sogar für die folgenden Bereiche, für die sprunghaftes Fortschreiten geradezu als typisch angesehen wurde:

Beispiel 1: Technische Entwicklung

Wie in der Vergangenheit findet auch gegenwärtig eine stürmische Entwicklung der Rechnertechnologie statt. Sie hat Art und Umfang dessen beeinflusst, was für notwendig und realisierbar gehalten wird und wird dies auch weiterhin tun. So wird einerseits Rechenkapazität preiswerter bereitgestellt werden können, andererseits werden Lösungen ermöglicht, die man mit den heutigen Mitteln noch nicht verfolgen kann. Da jede technische Neuerung viele Jahre braucht, ehe sie im Labor zu Ende entwickelt und beim Anwender eingeführt ist, sind die technologischen Möglichkeiten, die in den nächsten fünf Jahren in die Praxis eingeführt werden, im Prinzip bereits bekannt. Besonders auffällig sind hier die Verbesserungen des Preis-/Leistungsverhältnisses bei Massenspeichern und integrierten Schaltkreisen für Prozessoren, Arbeitsspeicher, u.a..

Diese Entwicklung hatte sich schon in der Vergangenheit abgezeichnet (vergleiche hierzu Abb. 1 "Kostenentwicklung von Hochleistungs-Universalrechnern" und Abb. 2 "Preisvorhersage für integrierte Halbleiterschaltungen".) Es ist derzeit nicht erkennbar, daß ein Abbruch der in diesen Bildern ausgedrückten Entwicklung zu erwarten ist.

Beispiel 2: Neue Anwendungen der Datenverarbeitung und Zuwachs in traditionellen Bereichen

Es ist zu erwarten, daß auch weiterhin neue Anwendungsgebiete und Problemstellungen für die Datenverarbeitung im Hochschulbereich erschlossen oder weiterentwickelt werden. Hier kommen zum Beispiel in Frage:

- Einsatz großer Simulationsprogramme für verschiedene technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Systeme nicht nur in der Forschung, sondern auch in Unterrichtsveranstaltungen mit dementsprechend fester Zeitplanung.
- Einsatz großer interaktiver Programmsysteme zur Herstellung von Software, um bezüglich des Produkts abgerundete Funktionen, bessere innere Struktur, höhere Fehlersicherheit, bessere Dokumentation und längere Lebensdauer bei insgesamt kürzerer Herstellungszeit zu erreichen.

Da auch in der Vergangenheit ständig neue Anwendungsgebiete entstanden und bestehende fortentwickelt worden sind, besteht kein Grund, den früher aufgezeigten Wachstumstrend nicht auch für die Zukunft anzunehmen;

für eine generelle Sättigung des Bedarfs bestehen noch keine Anhaltspunkte.

Beispiel 3: Neue Benutzergruppen

In der Zukunft werden umfangreiche neue Benutzergruppen die Möglichkeiten der Datenverarbeitung für ihre Fachgebiete in Anspruch nehmen und einen erheblichen Rechen- und Speicherbedarf fordern. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Geistes-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie Teilbereiche der Medizin. Aber auch diese Entwicklung bringt keine Diskontinuitäten in das Wachstum, da auch in der Vergangenheit ständig neue Benutzergruppen mit erheblichem Rechen- und Speicherbedarf - damals hauptsächlich im Bereich der Natur- und Ingenieur-Wissenschaften - herangewachsen sind.

Aufgrund des extrapolativen Verfahrens läßt sich direkt der Investitionsbedarf abschätzen (Kapitel 7); in den folgenden Kapiteln wird zuvor auf die zu erwartende Entwicklung der Bedarfsstruktur (Kapitel 3), der Versorgungsstruktur (Kapitel 4), des quantitativen DV-Bedarfs (Kapitel 5) und der Technologie (Kapitel 6) eingegangen. Die heute bereits erkennbaren Tendenzen werden aufgezeigt und ihre weitere Entwicklung im Prognosezeitraum dargestellt. Dabei werden bestehende Engpässe, die noch beseitigt werden müssen, und die Schwerpunkte der zukünftigen Entwicklung aufgezeigt, die bei den Investitionen besonders zu berücksichtigen sind. Für die Finanzierung dieser Maßnahmen sind keine besonderen Angaben gemacht, sondern sie erfolgen im Rahmen der in Kapitel 7 dargestellten Investitionsbereiche und stellen somit eine Verschiebung bzw. einen schwerpunktartigen Einsatz im fortgeschriebenen Finanzrahmen dar, wie schon aus dem extrapolativen Ansatz zu folgern ist. Im folgenden Kapitel 2 werden die bisherigen Finanzierungsprogramme und die entsprechenden Investitionsbereiche dargestellt sowie deren Randgebiete, soweit sie zusätzlich in die Betrachtungen und Abschätzungen (s. Kapitel 7) einbezogen wurden. Kapitel 8 gibt eine Zusammenfassung derjenigen Empfehlungen, die als Kernpunkte von der Kommission für Rechenanlagen besonders hervorgehoben werden.

## 2. Abgrenzung der Studie

Die vorliegende Studie stützt sich auf das Zahlenmaterial, das sich aus dem generellen Arbeitsbereich der Senatskommission für Rechenanlagen ergibt, die innerhalb der Gremien der Deutschen Forschungsgemeinschaft für grundsätzliche und fachliche Fragen der Ausstattung der Hochschulen mit zentralen Rechenanlagen und Prozeßrechnern zuständig ist. Sie berät den Hauptausschuß der Deutschen Forschungsgemeinschaft und begutachtet Anträge an die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Rechenanlagenprogramms. Ferner erarbeitet sie nach wissenschaftlichen und apparatetechnischen Gesichtspunkten Empfehlungen an den Wissenschaftsrat bei Großgeräte-Anmeldungen gemäß Hochschulbauförderungsgesetz, an den Bundesminister für Forschung und Technologie im Programm zur Errichtung Regionaler Rechenzentren sowie an den Bundesminister für Verteidigung hinsichtlich der DV-Ausstattung der Hochschulen der Bundeswehr. Damit betreut die Kommission fachlich die folgenden drei Verfahren:

- das Rechenanlagenprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft, hervorgegangen aus dem früheren Schwerpunktprogramm "Rechenanlagen". Aus ihm wurden mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft seit den fünfziger Jahren die meisten Hochschulen mit eigenen, zentralen Rechenanlagen ausgestattet, derzeit sind es noch sechs.
- das Programm zur Errichtung Regionaler Rechenzentren (Regionalprogramm); Rechenanlagen aus diesem Programm werden zu 85% von Bund (Bundesministerium für Forschung und Technologie) und zu 15% vom jeweiligen Sitzland finanziert. Das zuletzt im 3. Datenverarbeitungsprogramm der Bundesregierung verankerte Programm wurde 1968 begonnen, nachdem die Deutsche Forschungsgemeinschaft an Bund und Länder mit dem Plan herangetreten war, die Rechenkapazität im Hochschulbereich durch Errichtung von regionalen Rechenzentren zu verstärken. Bisher sind 14 Regionale Hochschulrechenzentren errichtet worden, 5 weitere Hochschulen erhielten DV-Systeme nach diesem für die Länder günstigen Finanzierungsschlüssel. Das Regionalprogramm wird mit dem Jahr 1981 beendet werden.
- die Finanzierung nach dem Hochschulbauförderungsgesetz (HBFG), die zu je 50% durch den Bund (Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft) und das jeweilige Sitzland erfolgt; sie wird in Zukunft die wesentlichste Komponente für die Finanzierung von Rechenanlagen im Hochschulbereich darstellen. Analog zum Begutachtungsverfahren gemäß Hochschulbauförderungsgesetz wirkt die Kommission bei der Prüfung von Anträgen der Hochschulen der Bundeswehr mit, deren Finanzierung zu 100% durch den Bundesminister für Verteidigung erfolgt..

Die vorstehenden Verfahren erfassen das Gebiet, für das der Investitionsbedarf zur Beschaffung von DV-Anlagen geplant werden soll, grundsätzlich mit ausreichender Sicherheit.

Es sollte trotzdem nicht übersehen werden, daß ein Anteil verbleibt, der anderen Finanzierungsquellen (z.B. Institutsmitteln) zugeordnet ist und auch weiterhin bleibt, selbst wenn es sich dabei letztlich um Einrichtungen handelt, die auch zum allgemeinen Kapazitätsbestand der Hochschulen beitragen.

So umfaßt diese Studie zum Beispiel nicht

- DV-Kapazitäten der Großforschungseinrichtungen und der Max-Planck-Gesellschaft
- DV-Geräte für neue Forschungsprojekte, die vollständig durch Bundes- bzw. Länder-Ministerien und Forschungsförderungsinstitutionen außerhalb der DFG (z.B. VW-Stiftung, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsförderung) gefördert werden
- DV-Geräte, die als integrierte Bestandteile von Großgeräten dienen und ihre Rechtfertigung nur als Zubehör dieser Geräte erhalten.

Rechner für das Fachgebiet der Informatik wurden bis zum Jahre 1978 außerhalb der oben genannten Finanzierungsprogramme hauptsächlich im überregionalen Forschungsprogramm Informatik beschafft. Mit Auslaufen dieses Programms und im Zuge einer generellen Entwicklung sind die Anforderungen des Faches Informatik, soweit sie nicht rechner-spezifisch sind, in die allgemeinen Anforderungen an DV-Kapazität im Hochschulbereich übergegangen. Dementsprechend enthalten die Planungszahlen der vorliegenden Studie den künftigen Bedarf der Informatik für Neu- und vor allem auch für Ersatz-Beschaffungen, soweit sie DM 75.000,-- im Einzelfall überschreiten. Entsprechende Schätzungen wurden auch für andere Forschungsgebiete vorgenommen, die früher aus Bundesmitteln besonders finanziert wurden und von dort inzwischen keine Mittel mehr erhalten (Anschluß- und Nachfinanzierung auslaufender Förderungsprogramme).

DV-Geräte mit einem Wert von unter DM 150.000,-- werden im Rahmen des Hochschulbauförderungsgesetzes nur finanziert, wenn sie Bestandteil eines größeren Systems sind. Die Daten aus der Vergangenheit enthalten solche DV-Geräte nur unvollständig. In der vorliegenden Studie werden kleinere DV-Systeme, die normalerweise einen Wert von DM 75.000,-- nicht überschreiten, nicht betrachtet. Um jedoch bei anhaltender Preisreduzierung die Grauzone zu berücksichtigen,

sichtigen, die sich aus dem fließenden Übergang vom Kleinrechner zum DV-System ergibt, wurden entsprechende Ansätze für Kleinrechner im Wert DM 75.000,-- bis DM 150.000,-- vorgenommen. Sie sind in den entsprechenden Tabellen und Graphiken für den Prognose-Zeitraum besonders ausgewiesen, in den Daten zum Anlagenbestand aber nicht enthalten.

Quantitative Aussagen zu den Folgekosten der DV-Geräte (für Personal, Betrieb, Wartung, Verbrauchsmaterial usw.) enthält die vorliegende Studie nicht. Es muß aber hervorgehoben werden, daß die Folgekosten weiterhin eine erhebliche Belastung für die Haushalte der Hochschulen darstellen werden und daß sie, über die Lebensdauer der Systeme hinweg, die finanzielle Größenordnung der Investitionsmittel erreichen können.

### 3. Entwicklung der Bedarfsstruktur

#### 3.1 Arbeitsformen

In den letzten 6 bis 8 Jahren haben sich zwei typische Arbeitsformen für Benutzer herausgebildet, die im wesentlichen auch im Prognosezeitraum vorherrschen werden, wobei allerdings gewisse Akzentverschiebungen zu erwarten sind:

#### Stapelverarbeitung

Rechenzentrumslokale Stapelverarbeitung	(-)*	z.Zt. typisch 65 %
Fernstapelverarbeitung		
- über Fernstapelstationen	(=)	z.Zt. typisch 20 %
- über Dialoggeräte	(+)	z.Zt. typisch 15 %
- über Prozeß- bzw. Fachrechner (s.Kap.4)	(+)	z.Zt. typisch 0 %

Stapelverarbeitung wird vorzugsweise für Produktionsläufe, umfangreiche Testläufe und umfangreiche Veränderungen der Datenhaltung verwendet werden. Hierbei werden auch größere Anwendungsprogrammsysteme eingesetzt.

#### Dialogverarbeitung

Dialogverarbeitung wird vorwiegend verwendet für

Programmentwicklung	(+)
Testläufe	
- ohne Eingriffe	(=)
- mit dialogartigen Eingriffen	(+)
Dateneingabe	(+)
Auslösung und Oberwachung von Produktionsläufen	(+)
Benutzung fertiger Anwendungskomplexe	(++)

Der zuletzt genannte Bereich wird sich besonders stark entwickeln, da der Anteil von Benutzern, die nur einige spezielle Anwendungs-Schnittstellen kennen, stark zunehmen wird. Dies liegt auch im Interesse einer sichereren Benutzung von Rechenanlagen. In diesen Bereich fällt auch das Arbeiten mit graphischen Subsystemen, deren zunehmender Einsatz die Benutzungsqualität von Rechenanlagen erheblich anheben wird.

\* Zeichenerklärung: ++ starke relative Zunahme  
+ relative Zunahme  
= wenig Veränderung  
- relative Abnahme  
-- auslaufend

### 3.2 Technische Merkmale

Folgende Veränderungen, die sich aus einer Fortsetzung bestehender Tendenzen ergeben, sind abzusehen:

Endgeräte	Ist-Stand (Geräteanzahl pro Rechenzentrum)	Veränderung
• Fernschreiber	stark schwankend (10-70)	(--)
• Lochstreifengeräte	1-8	(-)
• Lochkartengeräte	1-6	(-)
• Sichtgeräte	stark schwankend (20-80)	(++)
• Kassettengeräte	} bisher nur in Ausnahmefällen vorhanden	(+)
• Diskettengeräte		(+)
• graphische Eingabegeräte		(+)
• Massenspeichersystem		(++)
• Magnetbandgeräte		(-)
• Wechselplattengeräte	stark schwankend (4-8)	(-)
• Belegleser	stark schwankend (400 MB - 3 GB)	(++)*
• Belegleser	bisher nur in Ausnahmefällen vorhanden	(=)
• klassische Schnelldrucker	1-4	(-)
• kleine, schnelle Drucker	2-8	(+)
• COM**-Geräte mit erweiterten Funktionen (Graphik)	meist nicht vorhanden	(+)
• Zeichengeräte	1-4	(+)
• andere graphische Ausgabegeräte	bisher nur in Ausnahmefällen vorhanden	(+)

#### Dezentraler Arbeitsplatz

Im Prognosezeitraum wird der dezentrale Arbeitsplatz stark an Bedeutung gewinnen. Er wird im allgemeinen aus einigen Endgeräten, insbesondere Sichtgeräten, Kassetten- oder Diskettengeräten und einem oder mehreren Mikrorechnern bestehen und folgende Funktionen bereitstellen:

- Umschalten zwischen Lokal- und Fernbetrieb
- Editieren lokaler Dateien und Prüfung von Eingabedaten
- Transfer von Dateien vom und zum übergeordneten Rechner (simultan zur vorausgehend genannten Funktion)
- Ein- und Ausschleusen von Kassetten und Disketten
- Übergabe von Kommandos an den übergeordneten Rechner

\* bei nahezu unveränderter Geräteanzahl

\*\* Computer-Output on Microfilm

Die wichtigste im Prognosezeitraum verbleibende Begrenzung für den Umfang der mit dem dezentralen Arbeitsplatz durchführbaren Aufgaben ist die aus wirtschaftlichen Gründen beizubehaltende geringe Kapazität der Leitung zum übergeordneten Rechner. Sehr umfangreiche Dateien können so nur unbequem gehalten und übertragen werden.

Der dezentrale Arbeitsplatz führt zu größerer Robustheit des Gesamtsystems, da er eine nur schwache Kopplung mit dem übergeordneten Rechner gestattet. Der übergeordnete Rechner wird erheblich von Kurzzeit-Multiplex-Aufgaben entlastet. Gegen Ende des Prognosezeitraums werden an den dezentralen Arbeitsplätzen kleine und mittlere Rechnungen auch lokal durchgeführt werden können.

#### Übertragungstechnik

Die verstärkten Anstrengungen der Deutschen Bundespost auf dem Gebiet der Datenfernübertragung werden im Prognosezeitraum ihre Auswirkung in der vermehrten Nutzung der Datenfernübertragungstechniken haben. Besonders zu beachten sind die neuen Empfehlungen der CCITT\* bezüglich Schnittstellen für öffentliche Vermittlungsnetze, z.B. für das Elektronische Daten-Vermittlungssystem (EDS) X.21 und "X.21 bis" (Synchronverfahren in öffentlichen Daten-netzen) sowie für den Daten-Paketvermittlungsdienst (DPV) X.25 für den synchronen und X.28, X.29 für den asynchronen Paket-Modus-Betrieb. Hierdurch werden dem Endnutzer neue, gesicherte synchrone Übertragungsverfahren zur Verfügung gestellt und für bestehende, asynchron betriebene Einrichtungen ein Zugang zu den entstehenden Netzen ermöglicht.

Für die höheren Ebenen der Nachrichtenübertragung wird ebenfalls eine Standardisierung angestrebt (CCITT, ISO, DIN, PIX, KOOP-ADV)\*, um dadurch die Grundlagen für zukünftige offene DV-Systeme zu legen.

Über die jetzigen Anwendungen der Datenfernübertragung hinaus zeichnet sich international ein Trend zu neuartigen Kommunikationsformen, wie Datenbankenzugriff (EURONET, TYMNET, TELENET)\*\*, elektronische Post und Computerkonferenzen (ARPANET)\*\* ab.

\* CCITT : Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique  
 ISO : International Organization for Standardisation  
 DIN : Deutsche Norm (Deutsches Institut für Normung)  
 PIX : Pilotkomplex technisch-wissenschaftlicher Rechnerverbundsysteme  
 KOOP-ADV: Kooperationsausschuß Bund/Länder/Kommunaler Bereich auf dem Gebiet der automatisierten Datenverarbeitung

\*\* EURONET : Nicht öffentliches X25-Netz einiger europäischer Postverwaltungen  
 TYMNET : Kommerzielles Paketvermittlungsnetz der TYMSHARE INC., USA  
 TELENET : Kommerzielles Paketvermittlungsnetz in Nordamerika  
 ARPANET : Netz der Advanced Research Project Agency, USA.

Generell wird die Aufgabe der Übertragungstechnik in der nächsten Planungsperiode die Unterstützung von verteilten Systemen und dezentralen Arbeitsplätzen sein. Mit ihrer Hilfe wird eine Schnittstelle für intelligente Datenendgeräte geschaffen. Das hat bereits jetzt im nordamerikanischen Bereich eine große Zahl von Geräten auch der kleineren Hersteller zur Folge. Auf dieser breiten Basis ist im Bereich der Bundesrepublik eine Beteiligung an technologischen Innovationen möglich.

Die Intensität, mit der die wissenschaftlichen Einrichtungen in der Bundesrepublik sich die Möglichkeiten der Rechnernetze und der Datenfernverarbeitung zu Nutze machen können, hängt wesentlich von der Gebührenpolitik der Deutschen Bundespost ab. Hohe Gebühren für Datenfernübertragungslinien aller Art haben in den vergangenen Jahren mit dazu geführt, daß die Struktur der Rechnerbenutzung am Arbeitsplatz in der Bundesrepublik sich deutlich langsamer als in anderen Ländern entwickelt hat. Es bleibt zu hoffen, daß durch entsprechende Investitionen dieser Rückstand im Prognosezeitraum aufgeholt werden kann.

#### Speichertechnik

Infolge der raschen Verbesserung des Preis-/Leistungsverhältnisses (s. Abb. 1 und 2) und der Notwendigkeit, die Effizienz virtueller Speichertechniken erheblich zu steigern, ist im Planungszeitraum mit einer Zunahme der Hauptspeicherkapazität sowohl bei großen als auch bei kleineren Anlagen bis zu einem Faktor von 10 bis 20 gegenüber heutigen Anlagen zu rechnen.

Bei Hintergrundspeichern besteht bezüglich der sich durchsetzenden technischen Entwicklung heute noch eine gewisse Unsicherheit. Zwar ist noch offen, ob im Prognosezeitraum Plattenspeicher mit etwa 5 bis 10-facher Kapazität und ansonsten gleichen Zugriffsmerkmalen wie bisher dominieren oder ob neuere Entwicklungen wie z.B. nicht-mechanische Blasenspeicher mit ausreichender Kapazität und Funktion schon zur Verfügung stehen werden. Sicher ist jedoch, daß eine starke Anhebung der Kapazität erfolgen muß. Die größten Hochschulrechenzentren haben heute eine Hintergrundspeicherkapazität höchstens bis zu 3 GB, der Durchschnitt liegt weit unter 1 GB; Forschungslabors in den USA und Firmen in der Bundesrepublik mit einigen hundert Mitarbeitern verfügen heute schon über Kapazitäten von 80 bis zu 180 GB auf einem DV-System.

#### Rechnerkerne

Die Leistungssteigerung des einzelnen Rechnerkerns dürfte, von wenigen Ausnahmefällen abgesehen, weit geringer sein als die Steigerung der Anzahl von Rechnerkernen, die in einem System vorhanden sein werden. Von den Anwendungsprofilen und dem beginnenden Ausbau von Datennetzen her gesehen sind pro Rechenzentrum 5-10 lokale und 10-20 entfernt aufgestellte Rechnerkerne durchaus zu erwarten; dabei können die ersteren auf mehrere, evtl. verschiedene DV-Systeme verteilt sein. Diese Steigerung der Anzahl und eine damit einhergehende Aufgabenteilung sind wesentliche Merkmale der durch die Vernetzung ermöglichten verteilten Datenverarbeitung. In Datenendgeräten befindliche Mikroprozessoren sind hierbei noch nicht mitgezählt. Einige wenige Hochschulrechenzentren haben heute schon 20 bis 25 Rechnerkerne in ihrem Datenfernverarbeitungsnetz.

Im Zuge der Leistungssteigerung durch Spezialisierung werden auch Höchstleistungsrechnerkerne für bestimmte Anwendungsklassen von den Herstellern angeboten. Deren Leistung kann bis zum Faktor 10 über der Leistung großer, konventioneller Rechnerkerne liegen.

#### 3.3 Software-Technologie

Aufgrund der Fortschritte der Technologie ist abzusehen, daß in naher Zukunft der Einsatz großer Software-Systeme für spezielle Anwendungen stark zunehmen wird. Dies gilt umso mehr, da man jetzt große interaktive Programmsysteme zur Herstellung von Software einsetzen kann. Solche Software-Pakete werden insbesondere für Datenbanksysteme, Statistik, Grafik, aber auch für andere Anwendungen eingesetzt werden. Dabei sollte vor allem auf eine weitgehende Unabhängigkeit von speziellen Hardware-Systemen (Software-Portabilität), eine generelle Austauschbarkeit zwischen den Hochschulen, die Einhaltung methodischer und programmtechnischer Standards (Modularität, strukturierte Programmierung, etc.), eine ausreichende Dokumentation sowie Pflege und Unterstützung in der Benutzung der Systeme durch die Hochschulen geachtet werden.

Vom leichten Zugang zu den Anwendungsprogrammen in adäquaten höheren Programmiersprachen wird es in erheblichem Maße abhängen, wie weit vor allem die Benutzer der Geistes-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften das entscheidende Hilfsmittel Datenverarbeitung anwenden können.

#### 4. Konzept der mehrstufigen Versorgung

##### 4.1 Derzeitige Versorgungsstruktur

Die Versorgung der Hochschulen mit DV-Kapazität erfolgt derzeit in mehreren Stufen. Die wesentliche Versorgungskomponente wird durch das lokale Hochschulrechenzentrum dargestellt, das vorwiegend datenschutzneutrale Aufträge im Stapel- und Dialogbetrieb verarbeitet und den Grundbedarf der Hochschule für Forschung und Lehre abdeckt. Für die Befriedigung des Spitzenbedarfs wurden regionale Rechenzentren eingerichtet, die im allgemeinen für mehrere Hochschulen einer geographischen Region zuständig und über eine Stapelschnittstelle verfügbar sind. Sie stehen mit den Hochschulen ihrer Region in einem Last- und Funktionsverbund. In der Regel erfüllt das Regionalzentrum auch die Funktion des Hochschulrechenzentrums für den jeweiligen Standort.

Unterhalb der Ebene der Hochschulrechenzentren stehen für fachspezifische Bedürfnisse Fachrechner (Fachbereichsrechner, Bereichsrechner) zur Verfügung. Gründe für die Installation von Fachrechnern können z.B. Besonderheiten des Betriebes (Medizin, Verwaltung, Bibliothek, etwa wegen der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen im Zusammenhang mit der Verfügbarkeit und Datenschutzgesichtspunkten) oder die Ausschließlichkeit der Benutzung (z.B. Informatik) sein. Weitere Gründe sind die Ausbildung als spezieller Rechner (Prozeßrechner) oder geographische Gegebenheiten (Bereichsrechner, Fernstapelstationen) bzw. die Bedienung spezieller Großexperimente oder die Nutzung als Ausbildungsrechner für Fachhochschulen. Mit dem Zentralrechner des Hochschulrechenzentrums sind diese Fachrechner im allgemeinen über eine Fernstapel- und Dialogschnittstelle verbunden. In vielen Fällen sind an einem Fachrechner weitere spezielle Rechner angeschlossen, z.B. Prozeßrechner, die selbst als Zentrale für mehrere weitere, schwächer ausgebaute Prozeßrechner bzw. Mikroprozessoren dienen können.

Neben den Fachrechnern existieren vielfach individuelle Kleinrechner für spezielle Zwecke, teilweise in Form von vom Betreiber selbst konfigurierten Mikroprozessoren, die möglicherweise an übergeordnete Rechner über individuelle, problemangepaßte Schnittstellen angeschlossen sind.

Neben den genannten, dem Benutzer "sichtbaren" Versorgungskomponenten gibt es in dem Rechnerverbundnetz einer Hochschule oder Hochschulregion aus netztechnologischen Gründen weitere Knotenrechner, die entweder als selbständige Prozessoren ausgebildet oder funktionsmäßig in Fachrechner oder individuelle Kleinrechner inkorporiert sind.

Der Zugang zu den Rechnern der hier genannten Hierarchie wird durch eine Vielzahl von Dialogterminals, Fernstapelstationen und andersartigen Datenendgeräten gewährleistet.

Diese Versorgungsstruktur hat sich in mehr als 10 Jahren entwickelt und bewährt. Die Kommission für Rechenanlagen hält es für richtig, dieses System weiter auszubauen.

##### 4.2 Entwicklungstendenzen

Das bereits weitgehend bestehende mehrstufige Versorgungssystem, dessen Existenz durch Abb. 3 "Verteilung der Rechnerleistung" bestätigt wird, muß weiter ausgebaut werden. Dies ist ohne Bruch der bisherigen Entwicklung möglich. Aufgrund der absehbaren technologischen Gegebenheiten lassen sich die folgenden Einzeltendenzen in der Weiterentwicklung des Versorgungskonzeptes erkennen.

##### On-line Datenhaltung

Die in den Rechenzentren vorhandene on-line Datenkapazität zeigt eine stark steigende Tendenz. Gegenwärtig sind an größeren Hochschulrechenzentren nur etwa 1 bis 2 GB in Form von Plattenspeichern vorhanden. Im Zeitraum bis 1984 erscheint eine Speicherkapazität (im direkten Zugriff) der Größenordnung bis zu 50 GB von der Benutzung her notwendig und aus heutiger Sicht wirtschaftlich vertretbar. Dadurch wird die Einführung effizienterer Arbeitsmethoden ermöglicht.

##### Anzahl der Terminals

Aufgrund der Tendenz zum freizügigen dezentralen Zugang zu zentralen Anlagen in Forschung und Lehre ist es erforderlich, die Anzahl zur Verfügung stehender Terminals stark zu erhöhen.

Im Bereich der Lehre sind Terminals für Kurse sowohl zentral in Übungsräumen als auch dezentral für die individuelle Benutzung aufzustellen. Die Anzahl dieser Terminals hängt stark von der Ausbildungsintensität der einzelnen Fachgebiete ab, z.B. dürften im Bereich der Informatik durchschnittlich über alle Semester 2.5 Terminalstunden wöchentlich pro Student anzusetzen sein, während in einer Reihe von Fachgebieten ein ein- bis zweisemestriger Programmierkurs mit ca. 2.5 Wochenstunden ausreichend ist. Gemittelt über alle Fachrichtungen und Hochschulen der Bundesrepublik ist ein Terminal für 200 Studenten ausreichend.

Die Anzahl der Terminals für die Wissenschaftler variiert zwischen den Fachgebieten nicht so stark wie bei der Ausbildung. Unterstellt man eine flexible Zuordnung der Terminals, so liegt ein günstiger Wert einiger Fachrichtungen bei einem Terminal für 1-2 Wissenschaftler. Im Mittel der Bundesrepublik ist es sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar, ein Terminal für etwa 6 Wissenschaftler vorzusehen.

Dabei ist vorausgesetzt, daß die Sichtgeräte den Benutzergruppen nicht starr zugewiesen sind (jeder hat an seinem Arbeitsplatz ein Terminal), sondern eine flexible Zuordnung unter den Fachgebieten und den Benutzergruppen (Studenten, Wissenschaftlern) dominiert.

#### Intelligente Terminals

Die Ausstattung der Terminals mit eigener Intelligenz und Speicherkapazität wird dazu führen, daß einfache DV-Funktionen (z.B. Editieren) mit dem Sichtgerät allein ohne Rückgriff auf den Zentralrechner durchgeführt werden können (vgl. Kapitel 3.2). Diese Eigenschaft im Zusammenhang mit der Tendenz zur synchronen Datenübertragung wird den Zentralrechner erheblich von Trivialaufgaben entlasten. Es ist zu erwarten, daß auch weitergehende Großrechnerfunktionen in die Terminals verlagert werden.

#### Entwicklung von Fachrechnern

Eine gewisse Verlagerung der verfügbaren Kapazitäten wird sich dadurch ergeben, daß in Zukunft in verstärktem Maße auch Fachrechner (vgl. 4.1) installiert werden müssen, die einen erheblichen Teil desjenigen fachspezifischen Bedarfs abfangen können, der nicht auf der Zentralanlage gedeckt werden kann. Die Installation von Fachrechnern führt jedoch vielfach zu einer Vergrößerung des insgesamt erforderlichen DV-Personals und einer Duplizierung von im Rechenzentrum bereits vorhandener Peripherie. Eine sehr sorgfältige Abwägung aller Umstände ist daher in jedem Einzelfall erforderlich.

#### Individuelle Kleinrechner

Aufgrund des Preisverfalls bei Rechnerhardware ist es zweckmäßig und zu erwarten, daß die Anzahl der installierten individuellen Kleinrechner in sehr starkem Maße steigen wird. Diese Rechner werden größtenteils autonom betrieben, sie können jedoch in Einzelfällen an die mehrstufige Versorgungshierarchie (vgl. Kapitel 4.1) angeschlossen werden.

#### Rechnernetze

Bei der Errichtung von Rechnernetzen bleibt die Entwicklung in der Bundesrepublik noch weit hinter den Bedürfnissen zurück und erreicht noch nicht den Stand einiger westeuropäischer Staaten. Bekanntlich liegt ein wichtiger Grund in den sehr hohen Übertragungskosten in der Bundesrepublik im Vergleich zu anderen Staaten. Um hier die Entwicklung zu forcieren und den Anschluß an den internationalen Stand zu erreichen, sind verstärkte Investitionen für die Errichtung und den Betrieb von Rechnernetzen erforderlich.

Dabei muß ausdrücklich auf die erheblichen Betriebskosten der Rechnernetze hingewiesen werden, die neben den Investitionskosten auftreten. Hierbei sind nicht nur die üblichen Betriebskosten, sondern zusätzliche Aufwendungen für die Übertragungskosten und ein erheblicher Personalaufwand zu nennen. Da bei der Errichtung von Rechnernetzen verschiedene Partner (DV-Hersteller, DFO-Ausstatter, Bundespost, u.a.) beteiligt sind, entsteht im Rechenzentrum insbesondere in der Anlaufphase ein zusätzlicher Personalbedarf für Koordination, Planung und Betriebskontrolle.

#### Spezialrechner

In einigen Fachgebieten (z.B. Meteorologie, Molekularchemie, Ozeanographie, Astrophysik) besteht heute bereits ein Rechenbedarf, der von DV-Systemen, wie sie im derzeitigen Versorgungskonzept vorgesehen sind, nicht wirtschaftlich vertretbar oder überhaupt nicht erbracht werden kann. Derartige Probleme sind die Simulation großer organischer Moleküle, die Untersuchungen von Streuprozessen und Ladungsträgerflußproblemen in Halbleitern sowie die Erforschung von Sternhaufen und Galaxien. Hierfür sind Spezialrechner mit einer speziellen Hardware-Architektur, atypischer Konfigurierung oder für den Spezialfall konzipierten Hardware-Ausstattung vorzusehen, wie z.B. Feldrechner, Rechner für Bildverarbeitung, Assoziativrechner, Prozessorringe, u.a.. Diese Rechner sind in der Lage, bestimmte, oft rechenintensive Aufgaben, die typisch für die oben angegebenen Fachgebiete sind, wie z.B. Vektor- und Matrixoperationen, schnelle Fouriertransformationen, Lösung von Systemen partieller Differentialgleichungen, Monte Carlo-Methoden, umfangreiche Suchprozesse, u.a.m., in wesentlich kürzerer Zeit und damit auch wirtschaftlicher als ein Allzweckrechner zu bearbeiten.

In verstärktem Maße müssen daher im Rahmen des Ausbaus der Groß- und Regionalrechenzentren in Zukunft derartige Spezialrechner nach fachspezifischen Gesichtspunkten installiert werden und von mehreren Hochschulen, an denen eine derartige Lehr- und Forschungstätigkeit existiert, gemeinsam über ein entsprechendes Netz benutzt werden.

## 5. Entwicklung des DV-Bedarfs

### 5.1 DV-Bedarf der verschiedenen Fachgebiete

Der Rechenbedarf der verschiedenen Fachgebiete weist in Forschung und Lehre ganz erhebliche Unterschiede auf. Als Beleg hierfür wird auf den 1975 erschienenen ADV-Gesamtplan für die Hochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen bis zum Jahre 1980 hingewiesen.

Aufgrund der dort angegebenen "mittleren jährlichen CPU-Bedarfszeit für einen Studierenden und einen Wissenschaftler" (s. Abb. 4: "Mittlere jährliche CPU-Bedarfszeit für einen Studierenden" und Abb. 5: "Mittlere jährliche CPU-Bedarfszeit für einen Wissenschaftler") ergibt sich folgende Bedarfsaufteilung: An der Spitze liegt das Fachgebiet der Physik, gefolgt von sonstigen Naturwissenschaften und den Ingenieurwissenschaften. Diese drei Fächergruppen beanspruchen mehr als 3/4 des gesamten Bedarfs an DV-Leistung. Trotz gewisser Unterschiede zu den anderen Ländern und Änderungen in den folgenden Jahren ist überall weitgehend die gleiche Tendenz vorhanden.

### 5.2 Bedarfs-Aufschlüsselung nach Instituten oder Abteilungen

Bei der Beurteilung des Verbrauchs der verschiedenen Fachgebiete ist zu berücksichtigen, daß der Bedarf sich auf die in den einzelnen Fachgebieten vertretenen Institute nicht gleichmäßig verteilt. Dies geht aus den Jahresberichten der einzelnen Rechenzentren hervor.

Daraus ist ersichtlich, daß der überwiegende Teil des Bedarfs eines Fachgebietes nur auf wenige Institute entfällt und die restlichen nur wenig zum Gesamtbedarf beitragen. Der Rechenbedarf hängt oft entscheidend von der Forschungsrichtung eines einzigen Wissenschaftlers ab und ändert sich möglicherweise stark, wenn z.B. das Problem bearbeitet ist, der Wissenschaftler wegberufen wird oder durch Neuberufung ein anderer hinzukommt.

### 5.3 Differenzierung des Bedarfs nach Lehre und Forschung

Wegen der Einheit von Forschung und Lehre an den Hochschulen ist eine klare Trennung des Rechenbedarfs nach einem Bedarf für die Lehre und einem Bedarf für die Forschung sehr schwierig und kann nur unvollständig durchgeführt werden. Eindeutig ist die Zuordnung, wenn es sich um die Ausbildung der Studenten in Programmiersprachen oder in Benutzung von Rechenanlagen

handelt. Dieser Bedarf spielt allerdings quantitativ nur eine mittlere Rolle. Wichtiger ist der Bedarf für Studien- und Studienabschlußarbeiten, die Bestandteil der Lehre sind. Bei Dissertationen oder sonstigen wissenschaftlichen Arbeiten gehen im allgemeinen neben dem reinen Forschungsanteil auch Studienabschlußarbeiten ein. Aus diesem Grunde ist eine Zerlegung in Anteile von Lehre und Forschung oft sehr schwierig.

In Zukunft dürfte für die Lehre nicht nur die Rechnerbenutzung zur Ausbildung in Programmiersprachen und zur Erstellung von Studien- und Abschlußarbeiten eine Rolle spielen. Es wird vielmehr erforderlich sein, die Studierenden verstärkt in die Benutzung von größeren Programmsystemen für angewandte Aufgaben einzuführen. Dies ist z. Zt. vor allem in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (Statistikpakete, Planspiele, Optimierungsstrategien, Prognose, Simulation) der Fall. Künftig dürfte auch in anderen Fachgebieten, z.B. den Ingenieurwissenschaften (für das rechnerunterstützte Konstruieren und die Verfahrenssimulation), der Medizin und Biologie (zur Systemsimulation und zur interaktiven Versuchsauswertung), die Benutzung fertiger Programmpakete und -systeme sowie die Unterweisung darin einen beträchtlichen Teil der Rechenkapazität in Anspruch nehmen.

### 5.4 Bedarfsverteilung

Der Rechenbedarf der Hochschulen wird grundsätzlich durch Inanspruchnahme der Hochschulrechenzentren befriedigt (siehe z.B. § 28 Hessisches Hochschulgesetz). Besonders rechenintensive Fachgebiete, wie z.B. die Luft- und Raumfahrt, Kern- und Astrophysik, Quantenchemie, Meteorologie und Ozeanographie, müssen oftmals in hohem Maße Rechenleistung von anderen Rechenzentren in Anspruch nehmen. Diese anderen Rechenzentren sind entweder Regionalrechenzentren, u.U. auch eines anderen Bundeslandes, oder spezielle Rechenzentren von wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, wie Großforschungseinrichtungen, Max-Planck-Institute, u.ä.. Bei einigen besonders rechenintensiven Instituten sind auch eigene Großrechner installiert (z.B. Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen Stuttgart).

Einige wichtige Bedarfsträger, die entweder eine besondere Bedarfsstruktur (Fachhochschule, Bibliothek, Verwaltung, u.ä.) oder spezielle Bedarfsanforderungen (Ingenieurwissenschaften, Informatik, Medizin, u.ä.) haben, werden im folgenden exemplarisch genauer betrachtet.

### Ingenieurwissenschaften

Die Ingenieurwissenschaften haben einen sehr hohen spezifischen Bedarf an Rechenkapazität, der auch in Zukunft weiter ansteigen wird.

Der zunehmende Bedarf an Rechenleistung ergibt sich aus dem intensiveren Einsatz rechnerunterstützter Verfahren in Lehre und Forschung.

Der bereits vorhandene Bedarf in der Grundausbildung und in Fächern, die sich mit der Entwicklung von Software befassen, wird erhöht um den schnell anwachsenden Bedarf der planerischen und konstruktiven Fächer, die Softwaresysteme als Entwurfsinstrument anwenden. Da Planung, Entwurf und Konstruktion nur interaktiv zweckmäßig durchgeführt werden können, wird ein zunehmendes Maß an Dialogfähigkeit mit leistungsfähiger graphischer Peripherie am Arbeitsplatz erforderlich. Hieraus ergibt sich häufig die Forderung nach dezentraler Kapazität. Bei den Beschaffungen ist auf die Verträglichkeit der Hochschulausstattungen mit vergleichbaren Ausstattungen im außeruniversitären Bereich zu achten.

Die Anschaffung und Pflege geeigneter Software für Lehre und Forschung wird die Hochschulen in zunehmendem Maße belasten. Eine Abdeckung des Bedarfs durch Eigenentwicklungen wird wegen des Umfangs der Programmpakete und wegen des hohen Aufwands für die Programmpflege nicht möglich sein. Die Bereitstellung leistungsfähiger Fremdsoftware wird langfristig Kosten verursachen, die mit den Hardwarekosten vergleichbar sind. Eine systematische Planung der Softwareausstattung ist daher anzustreben. Die zur Zeit noch geringen Mittel für Softwarebeschaffungen sind dem Bedarf anzupassen.

### Informatik

Der Rechenbedarf der Informatik hat zwei Ursachen, die ihrer Verschiedenartigkeit wegen unterschiedlich berücksichtigt werden müssen.

Da ist einerseits der Rechenbedarf für Routine-Rechnungen, die mit gängigen Programmpaketen oder Programmiersprachen sowie unter üblichen Betriebsmittelanforderungen durchgeführt werden (z.B. auch Praktika, Übungen für die ersten zwei Drittel im Studiengang). Dieser Bedarf macht weniger als die Hälfte des Rechenbedarfs aus; er kann und muß vom Hochschulrechenzentrum übernommen werden.

Andererseits resultiert ein Rechenbedarf aus den wissenschaftlichen Aufgaben der Informatik, insbesondere auch daraus, daß der Rechner selbst Gegenstand der Informatik-Forschung ist. Erstens sind Aufgaben mit besonders hohen Betriebsmittelanforderungen zu nennen (etwa bei der Informations-

wiedergewinnung, bei der Mustererkennung, bei automatisierten Beweissystemen oder etwa bei Testen von rechnergestützten Unterrichts-Systemen). Erfahrungsgemäß ist die Durchführung solcher Aufgaben, müßten sie am Zentralrechner des Hochschulrechenzentrums durchgeführt werden, häufig mit dessen Normalbetrieb und seinen durchsatzorientierten Kontingenzierungszwängen nicht vereinbar.

Zum zweiten verursacht der Rechner als Forschungsgegenstand einen Rechenbedarf, der aus technischen Gründen nicht mit einem Normalbetrieb vereinbar ist. Spezielle Hard- und Softwareentwicklungen, Eingriffe in System-interna im Zusammenhang mit Versuchs- und Pilotsystemen sind unabdingbar und bewirken eine Minderung der Zuverlässigkeit des Systems. Daher scheidet auch hier ein zeitweises Nebeneinander mit einem allgemeinen Dienstleistungsbetrieb aus.

### Medizin

In der Medizin sind bereits bei mehreren Fakultäten oder Medizinischen Hochschulen eigene Rechner für die Aufgaben der Patientenaufnahme, Dokumentation und Klinikverwaltung eingesetzt. Darüber hinaus sind dedizierte Systeme für das klinisch-chemische Labor oder sonstige diagnostische Meßgeräte (z.B. in der Nuklearmedizin, Intensivmedizin oder Funktionsdiagnostik) im Routine-Einsatz.

Die Rechnerbenutzung wird in der Medizin sowohl für dedizierte als auch allgemeine DV-Aufgaben zunehmen. Dabei sind verschiedene Anforderungen an die Verfügbarkeit des Rechners zu stellen. Die medizinische Forschung benötigt Rechenkapazität zur Auswertung von Versuchen und klinischen oder epidemiologischen Studien sowie zur Simulation von Systemen. Für beide Aufgaben stehen großenteils erprobte Programmsysteme und Programmiersprachen an den Hochschulrechenzentren zur Verfügung. Diese Aufgaben werden daher zweckmäßig auch von den Medizinischen Forschungseinrichtungen am Hochschulrechenzentrum durchgeführt.

In der Diagnostik und Therapie sowie in der experimentellen Medizin werden zunehmend zur Datenerfassung, Organisation und Auswertung Rechner benötigt. Es sollte angestrebt werden, daß diese Systeme ihre Daten austauschen oder an andere Rechner (z.B. für Dokumentation, Verlaufskontrollen, u.ä.) abgeben können. Der Aufbau von geeigneten Datenkommunikationsnetzen und verteilten Datenbanken dürfte in Zukunft für die Rechneranwendung in den medizinischen Einrichtungen der Universitäten von besonderer Bedeutung sein.

Auch die Rechnerbenutzung für Organisationsaufgaben bei der Patientenbetreuung (Aufnahmesysteme, Wartelisten, Arzneimittelversorgung und sonstige technische Dienste) sowie für die administrativen Aufgaben (Leistungserfassung, Abrechnung, Betriebsführung) wird in Zukunft für alle Universitätskliniken notwendig sein. Wegen der speziellen Anforderungen an Verfügbarkeit, Datensicherheit, Speicherumfang und Datenschutz können diese Aufgaben nicht auf den Zentralen Rechnern der Hochschulrechenzentren durchgeführt werden, sondern erfordern eigene Datenverarbeitungssysteme. In einigen Bundesländern werden für diese Aufgaben landeseinheitliche Lösungen geplant. Dabei sollte aber auch auf eine Einbindung in die sonstigen Datenverarbeitungsanforderungen der Kliniken und auf die Kooperation mit den Hochschulrechenzentren geachtet werden. Hierbei kann eine zu weitgehende Vereinheitlichung sich wegen mangelnder Flexibilität als nachteilig erweisen. Wichtig erscheint vor allem, daß für die administrativen Aufgaben der Patientenabrechnung sowie für alle Aufgaben, die einen Datenaustausch zwischen den medizinischen Universitätskliniken erfordern können (z.B. Basisdokumentation, Gefährdungsregister), einheitliche Verfahrenslösungen entwickelt und eingeführt werden.

Für einige überregionale Aufgaben der medizinischen Forschung und Patientenbetreuung (z.B. Literaturinformation, Vergiftungsauskunft, spezielle Krankheitsregister wie z.B. Krebsregister, pathologische Befundsammlungen, u.ä.) wird es auch in Zukunft erforderlich sein, größere Rechensysteme zu betreiben und den an den Aufgaben beteiligten medizinischen Hochschuleinrichtungen einen ausreichenden Zugriff zu ermöglichen. Diese Rechenanlagen müssen nicht notwendig von Hochschuleinrichtungen betrieben werden, sondern können auch andere Träger haben (z.B. DIMDI für die Literaturdokumentation und -information).

#### Fachhochschulen

Wie an den wissenschaftlichen Hochschulen hängt der Rechenbedarf auch an Fachhochschulen sehr stark von den vertretenen Fachgebieten ab. Er besteht jedoch fast ausschließlich im Bereich der Ausbildung (Lehre). Die verschiedenen Ausbildungsanforderungen in den einzelnen Fächern, die aber vorwiegend anwendungsbezogenen Charakter haben, bedingen zwar einen wesentlich unterschiedlichen Rechenbedarf, der aber selten so ausgeprägte Bedarfsspitzen wie an wissenschaftlichen Hochschulen besitzt. Zur Befriedigung des Rechenbedarfs ist daher eine lokale Rechenkapazität zu installieren, die bei gleichmäßiger Verteilung der Ausbildungszeiten evtl. auch ermöglicht, mehrere Kurse parallel durchzuführen. Die darüber hinausgehenden Bedarfsspitzen in

Lehre und Forschung sowie speziell geartete Bedarfsanforderungen in Verwaltung und Forschung sollen von den zentralen Rechnern derjenigen Hochschulrechenzentren abgedeckt werden, in deren Versorgungsbereich die Fachhochschule liegt. Dabei ist ein Anschluß des lokalen Rechners als Remote Job-Entry-Station vorzusehen. Falls dies nicht sinnvoll ist, sind gegebenenfalls spezielle Kleinrechner, die als Remote-Job-Entry-System arbeiten, oder andere universelle Terminals oder Terminalstationen zu installieren.

Zusätzlich sind je nach individuell vorliegendem Ausbildungsgebiet noch Prozeßrechner notwendig. Diese sind primär für spezielle Anwendungszwecke vorzusehen, können aber auch in die allgemeine Versorgung der Fachhochschule zur Ausbildung oder als Remote-Job-Entry-System einbezogen werden.

#### Bibliotheksverwaltung

Der Bedarf der Bibliotheken an DV-Kapazität wurde in den letzten Jahren auf verschiedene Weise gedeckt. Dabei hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, denjenigen Teil der mechanischen Intelligenz in die Bibliothek zu verlegen, der für die Erfassung der Daten einschließlich der Abwicklung der Ausleih-Routinen erforderlich ist. Für die Verwaltung größerer Datenmengen war bisher die Mitbenutzung des Hochschulrechenzentrums üblich, doch wurden dafür gelegentlich auch dedizierte oder weitgehend dedizierte Rechner eingesetzt.

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gelehrt, daß es sinnvoll sein dürfte, die lokalen Aufgaben der Ausleihverwaltung auf dedizierten Kleinrechnern in der Bibliothek abzuwickeln, während für die Haltung und laufende Führung von Katalog- und Bestandsdateien und die damit verbundene Verarbeitung großer Datenmengen eine Zusammenfassung der Datenverarbeitungskapazität in Bibliothekscentren erwogen werden sollte. Hierzu werden in Kürze eigene Empfehlungen des Unterausschusses für Datenverarbeitung des Bibliotheksausschusses der Deutschen Forschungsgemeinschaft vorgelegt.

#### Hochschulverwaltungen

Bisher war die Mitbenutzung des Hochschulrechenzentrums ganz oder teilweise für die speziellen Anforderungen der Hochschulverwaltung üblich. Aufgrund der ständig wachsenden Aufgaben der Datenverarbeitung in der Hochschulverwaltung und unter Berücksichtigung von Datenschutzgesichtspunkten sowie der verstärkten Integration der Datenverarbeitung in die tägliche Routinearbeit (on-line-Dialog) können sich in Zukunft andere Lösungen als zweckmäßig erweisen. Es bleibt abzuwarten, in welchem Umfang die Benutzung des Hochschul-

rechenzentrums erhalten bleibt. Für einige Aufgaben (Rechnungsabwicklung, Lohn- und Gehaltsabrechnung, Personal- und Studentendaten, u.ä.), die zum Teil schon auf Anlagen der Mittleren Datentechnik durchgeführt werden, ist ein dezentrales System vorzusehen, das je nach Größe auch weitere Aufgaben der Hochschulverwaltung übernehmen kann. Hier ist eine Zusammenarbeit bzw. gemeinsame Benutzung eines Datenverarbeitungssystems mit der Hochschulbibliothek und ggf. der Klinikverwaltung zu überlegen.

### 5.5 Bedarfsprognose

Es ist zu erwarten, daß die Fächer, die bisher den intensivsten Rechenbedarf hatten (Natur- und Ingenieurwissenschaften), auch in Zukunft einen ansteigenden Bedarf haben werden. Es ist aber auch zu erwarten, daß einige Fachgebiete, die bisher nur einen geringen Bedarf hatten, wie die Bio-, Geistes- und Kulturwissenschaften auch aufgrund des Fortschrittes der Software-Technologie zukünftig einen vergleichsweise stärkeren Bedarfsanstieg haben werden, so daß sich die gesamte Aufteilung des Rechenbedarfs auf die Fächer prozentual ändern wird. Ein steigender Bedarf ist in nächster Zeit auch von dem Fach Medizin zu erwarten, und zwar sowohl für eigene Aufgaben in der Klinik (Krankenhausinformationssystem) als auch für Forschungsaufgaben (Auswertung klinischer Studien, Simulation von physiologischen oder pathologischen Vorgängen, Bild- und Mustererkennung). Wachstumsorientierte Fächer wie Meteorologie, Astrophysik und Meeresforschung werden weiterhin einen stark ansteigenden Bedarf zeigen.

Neben dem Bedarf an Rechenleistung und Speichervolumen tritt in Zukunft in verstärktem Maße ein Bedarf an der Nutzung von Software-Paketen für spezielle Anwendungsgebiete auf, deren Einführung wiederum eine Steigerung des Rechenleistungsbedarfes nach sich ziehen wird. In ähnlicher Richtung wirken kostengünstige Haupt- und Massenspeicher, die die Anwendung höherer Sprachen auch auf relativ kleinen Rechnern üblich machen werden. Insgesamt werden für die Entwicklung und den Erwerb von Software erhebliche Mittel aufzuwenden sein.

Im Jahre 1974 hat der Wissenschaftsrat seinen Arbeitsbericht zur Planung und zum Bedarf der Hochschulen an Rechenkapazität vorgelegt. Darin wurde eine jährliche Steigerungsrate um den Faktor 1.4, gemittelt über alle Hochschulen und Fachgebiete, gefordert. Erreicht werden konnte in der Zwischenzeit je-

doch nur ein jährlicher Kapazitätswachstums von etwa 30% (vergleiche Abb. 6 "Entwicklung der DV-Kapazität an den Hochschulen der Bundesrepublik von 1971 bis 1977"). Dies liegt überwiegend an der Begrenztheit der zur Verfügung stehenden Finanzmittel.

Um das so entstandene Defizit auszugleichen, den Anschluß an die Kapazitätentwicklungen in anderen Ländern nicht zu verlieren und vor allem auch dem Mehrbedarf Rechnung zu tragen, den der künftig unverzichtbare, stark wachsende Einsatz anwendungsorientierter Software mit sich bringt (s. auch Abb. 7 "Effektive Rechenleistung pro 10.000 Studenten"), ist für den Prognosezeitraum eine jährliche Steigerung der DV-Kapazität an den Hochschulen der Bundesrepublik von 40%, gemittelt über alle Fachgebiete, unerlässlich.

Im folgenden Kapitel wird dargelegt, daß dies nicht mit einem Anstieg der Geldmittel gleicher Höhe einhergehen muß.

#### 6. Bedarf und technische Entwicklung

Die technische Entwicklung im Bereich der DV-Anlagen und DV-Geräte verläuft außerordentlich rasch. So ergeben sich Verbesserungen des Preis-/Leistungsverhältnisses um den Faktor 10 etwa in einer Zeitdauer von 8 Jahren (vgl. hierzu auch Abb. 1 "Kostenentwicklung von Hochleistungs-Universalrechnern" und Abb. 2 "Preisvorhersage für integrierte Halbleiterschaltungen").

#### Bedarfsdeckung durch technische Fortentwicklung

Betrachtet man das in Kapitel 5 dargelegte Anwachsen des Bedarfes gleichzeitig mit der technischen Entwicklung der Geräte, so zeigt sich, daß die zur Bedarfsdeckung erforderlichen Finanzmittel (s. Abb. 8 und 9 Investitionen 1972 bis 1977) nicht dem steilen Verlauf des Bedarfs folgen müssen. Über einen längeren Zeitraum gesehen, fängt die technische Entwicklung bei konstantem Preis jährlich eine erhebliche Bedarfssteigerung auf. So ergab sich in der Vergangenheit der größere Anteil der Kapazitätssteigerung durch die Verbesserung des Preis-/Leistungsverhältnisses, und es war nur ein mäßiges Ansteigen des Investitionsvolumens zur quantitativen Bedarfsdeckung erforderlich, sieht man von einigen noch bestehenden Engpässen und qualitativen Lücken ab.

#### Modernisierung des Anlagenbestandes

Von der technischen Weiterentwicklung können die Hochschulen oftmals nur mit starker zeitlicher Verzögerung profitieren, da die Anlagen in den hier betrachteten Finanzierungsprogrammen gekauft und nicht gemietet werden. Nicht nur im Hinblick auf die Kapazität der Anlagen gebietet die sparsame Verwendung der Mittel (optimale Wirtschaftlichkeit) eine ständige Modernisierung des Anlagenbestandes; auch wegen der hohen kapazitätsbezogenen Betriebskosten (Wartung, Personal) älterer Anlagen, hervorgerufen durch die grundsätzlich höhere Störanfälligkeit der damaligen Technologie und die schnell fortschreitende Verbesserung der Zuverlässigkeit und des Preis-/Leistungsverhältnisses, ist darauf zu achten, daß die Anlagen nicht zu sehr überaltern. Bei der derzeitigen Altersstruktur der zentralen Rechner an den Hochschulen der Bundesrepublik (siehe Abb. 10) wird die Hälfte der gesamten Rechenleistung von DV-Systemen erbracht, die älter als 5 Jahre sind; es handelt sich um 26 von insgesamt 59 Anlagen. Hier ist eine ökonomisch günstigere Altersstruktur dringend anzustreben, die durch eine verbesserte mittelfristige Planung, rechtzeitigen Austausch von unwirtschaftlichen DV-Systemen und flexiblere Finanzierungsmöglichkeiten erreicht werden kann.

In Anbetracht des hohen Finanzvolumens wird empfohlen, mehr als bisher die Möglichkeit flexibler Finanzierung zu schaffen (z.B. Miete, Mietkauf, Fonds für die Mitbenutzung privatwirtschaftlicher Rechenzentren und Datenbanken). Besonders bei engpaßkritischen Komponenten und kurzfristigen Engpässen sollte bei entsprechender Wirtschaftlichkeit der Weg der Anmietung beschritten werden können.

### 7. Abschätzung des Investitionsbedarfs

Durch die Finanzierungsprogramme der öffentlichen Hand und der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden die verfügbaren Rechnerkapazitäten an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland in den vergangenen Jahren beträchtlich erweitert (vgl. Tabellen 9.2 und 9.3 und Abb. 6). In Abb. 7 ist die Entwicklung der effektiven Rechenleistung pro 10.000 Studenten in den Jahren 1971 bis 1977 angegeben, die in diesem Zeitraum von 0,4 TR440-Einheiten auf 1,8 TR440-Einheiten gestiegen ist. Dafür wurden jährlich zwischen 100 und 120 Mio. DM investiert (Abb. 8 und 9 Investitionsmittel 1972 bis 1977).

Vergleicht man den gegenwärtigen Stand der Datenverarbeitung in der Bundesrepublik mit dem in anderen europäischen Ländern und den USA, so muß man feststellen, daß die Bundesrepublik bezüglich der zentralen Prozessorleistung und Vielfalt der Maschinenausstattung durchaus bestehen kann, bezüglich einer Reihe anderer wichtiger Aspekte aber noch einen erheblichen Nachholbedarf besitzt. Diese Aspekte sind insbesondere:

- Umfang an interaktiver Rechnerkapazität
- Umfang an Hintergrundspeichern
- arbeitsökonomische Zugangsmöglichkeiten (Terminals, Anschluß von Prozeßrechnern, lokale Rechnerkapazität)
- Verfügbarkeit von Rechnernetzen und Computerkonferenzschaltungen
- bessere Verfügbarkeit von Software
- Robustheit der Systeme in bezug auf Ausfallsicherheit und Benutzerfehler
- Modernisierung des Anlagenbestandes

Die ungenügende Berücksichtigung dieser Komponenten beeinträchtigt nicht nur die Ausbildung und Forschung an den Hochschulen, sondern führt auch dazu, daß vorhandene zentrale Prozessorleistung nicht immer ökonomisch genutzt werden kann.

Zur Beseitigung dieser Engpässe und zur angemessenen quantitativen und qualitativen Befriedigung des zukünftigen Bedarfs an Rechenleistung im Zeitraum von 1980 bis 1984 sind sowohl Maßnahmen erforderlich, die sich aus der Fortschreibung und Abrundung zur Zeit laufender Finanzierungsprogramme ergeben, als auch Investitionsmittel für neue jetzt abzusehende Aufgaben und Entwicklungsprogramme.

### Fortschreibung und Verbesserung des vorhandenen Anlagenbestandes

Die Investitionskosten in diesem Bereich ergeben sich aus der Fortschreibung der Mittel bisheriger Finanzierungsprogramme und -quellen, wie sie in Kapitel 2 im einzelnen dargestellt und gegeneinander abgegrenzt wurden:

#### Erst-, Ersatz- und Ergänzungsbeschaffungen über 150.000.-- DM

Dieser Investitionsbereich (Regionale Rechenzentren, Hochschulrechenzentren, Fachrechner) stellt bezüglich der Finanzmittel die Fortschreibung der bisherigen Finanzierungsprogramme (HBFG, Regionalprogramm, Rechenanlagenprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft, siehe Kapitel 2) dar, deren bisheriges jährliches Investitionsvolumen von 100 bis 120 Mio DM in den Abbildungen 8 bis 9 wiedergegeben ist. Entsprechend der kontinuierlichen Weiterentwicklung und der erwarteten weiteren Verbesserung des Preis-/Leistungsverhältnisses ist hier nur eine geringe jährliche Zuwachsrate von ca. 5 Mio DM anzusetzen, so daß sich im Prognosezeitraum ein jährlicher Finanzbedarf von 110 bis 130 Mio DM ergibt. Bei den Investitionen sind jedoch, wie in den vorigen Kapiteln dargelegt, folgende Schwerpunkte zu setzen, in denen teilweise noch ein Nachholbedarf besteht:

- Beseitigung einzelner noch vorhandener Kapazitätsengpässe
- Ausstattung mit interaktiver Rechnerkapazität
- Ausbau der Hintergrundspeicherkapazität
- Ausbau und Abrundung des mehrstufigen Versorgungskonzeptes
- Bessere Zugangsmöglichkeiten (Terminals, Sichtgeräte)
- Ankauf und Anmietung von Anwendungs-Software
- Errichtung und Ausbau von Rechnernetzen
- Modernisierung des Anlagenbestandes

#### Anschluß- und Nachfolgefinanzierung auslaufender Programme

Außer dem Regionalprogramm, das im vorstehenden Abschnitt berücksichtigt ist, werden im Prognose-Zeitraum weitere, allerdings kleinere Finanzierungsprogramme (wie z.B. das Informatik-Programm) auslaufen bzw. von den bisherigen Geldgebern nicht weiterfinanziert. Hier ergibt sich die Notwendigkeit, zur Fortführung der Aufgaben und Projekte entsprechende Mittel bereitzustellen, die sich auf ca. 12.5 bis 15 Mio DM jährlich belaufen.

#### Individuelle Kleinrechner (75.000 bis 150.000.-- DM)

Die Investitionen in diesem Bereich sind bisher nicht geschlossen erfaßt worden, da sie aus den unterschiedlichsten Quellen finanziert wurden. Der steigende Finanzbedarf in diesem Bereich macht einen gesonderten Ansatz erforderlich, da die bisherige Finanzierung nicht ausreicht hat, den Fi-

nanzbedarf zu decken. Eine überschlägige Berechnung der Investitionen in der Vergangenheit, die Berücksichtigung des bestehenden Nachholbedarfs und der starke Bedarfsanstieg in diesem Bereich ergeben ein jährliches Finanzierungsvolumen von 20 bis 30 Mio DM.

Schwerpunkt der Maßnahmen in diesem Bereich sind:

- Bereitstellung von lokaler Rechenkapazität
- Ausstattung mit intelligenten Terminals

Neue Aufgaben und Entwicklungsprogramme

Hierbei handelt es sich um Neuinvestitionen für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben, die zur Befriedigung des künftigen Bedarfs und zur Erschließung neuer technologischer Entwicklungen für Forschung und Lehre dringend erforderlich sind.

Installation von Spezialrechnern

In einigen Fachgebieten besteht ein Bedarf an DV-Systemen mit spezieller Ausstattung (s. Kapitel 4.2 "Spezialrechner für besondere Fachgebiete") zur Lösung umfangreicher spezifischer Aufgaben. Da bisher keine Mittel zur Finanzierung entsprechender fächerübergreifender Rechner zur Verfügung standen, mußten die entsprechenden Aufgabenstellungen zurückgestellt werden. In den folgenden Jahren sind dringend Finanzmittel in Höhe von 12.5 bis 15 Mio DM jährlich für diese Rechner vorzusehen, um den Bedarfsstau abzubauen und den Anschluß an die internationale Entwicklung auf wichtigen wissenschaftlichen Gebieten, z.B. Physik, Aerodynamik, usw. nicht zu verlieren.

Errichtung neuer Programme

Im Prognosezeitraum werden, wie bisher, neue Finanzierungsprogramme für bestehende oder neue Aufgaben erforderlich werden. Hier seien z.B. genannt:

- Überregionale Fachinformations- und Bibliothekszentren
- Überregionale anwendungsbezogene Daten- und Methodenbanken
- Erschließung und Verfügbarkeit von existierender Software und Problemlösungen
- Verbesserung des Mikrorechner-Einsatzes für vielfältige lokale Aufgaben.

Entsprechend der Entwicklung solcher Programme ist hier, äußerst vorsichtig geschätzt, mit einem von 10 Mio DM auf ca. 15 Mio DM ansteigenden Finanzbedarf zu rechnen. Die Kosten können, abhängig von der weiteren Entwicklung, auch erheblich höher ansteigen.

Die Investitionskosten sind in der folgenden Tabelle und in Abbildung 11 (Seite 50) nochmals zusammengefaßt dargestellt:

Investitionsart	Investitionsbereich	Investitionsbedarf in Mio. DM in dem Jahr				
		1980	1981	1982	1983	1984
Fortschreibung und Verbesserung des derzeitigen Anlagenbestandes	Erst-, Ersatz- und Ergänzungsbeschaffungen für Regional-, Hochschulrechenzentren und Fachrechner über 150.000,-- DM (DFG, HBFG, Regionalprogramm <sup>1)</sup> )	110	115	120	125	130
	Anschluß und Nachfolgefinanzierung auslaufender Programme (z.B. Informatikprogramm des BMFT)	12.5	12.5	15	15	15
	Individuelle Kleinrechner (75.000,-- bis 150.000,-- DM) (diverse Finanzierungsquellen, bisher nicht geschlossen erfaßt)	20	22.5	25	27.5	30
Neue Aufgaben und Entwicklungsprogramme	Installation von Spezialrechnern für besondere Aufgaben in mehreren Fachgebieten (Feldrechner, Bildverarbeitung, u.ä.)	12.5	15	15	15	15
	Errichtung neuer Programme (z.B. Fach- und Bibliothekszentren, Daten- und Methodenbanken)	10	10	10	12.5	15
+ ) nur noch 1980 und 1981		165	175	185	195	205
		notwendige Gesamt-Jahresinvestitionen in Mio. DM				

Hier sei ausdrücklich betont, daß bei der Abschätzung der Investitionen außer den laufenden Finanzierungsprogrammen weitere Investitionsbereiche (s. Kapitel 2) in die Betrachtungen einbezogen wurden. Trotzdem wird das Gebiet der DV-Investitionen an den Hochschulen durch die o.a. Zahlen nicht vollständig erfaßt. So wurden nicht einbezogen:

- alle Einzelinvestitionen unter 75.000,-- DM
- DV-Geräte, die Teil eines anderen Großgerätes sind
- DV-Systeme der Großforschungseinrichtungen u.ä.
- vollständig durch Bundes-, Länderministerien oder andere Forschungsförderungsinstitutionen (außer Deutsche Forschungsgemeinschaft) finanzierte DV-Geräte

Bei der Bewertung dieses Bedarfs ist zu beachten, daß die Investitionskosten nur einen Teil der gesamten Kosten ausmachen und noch zusätzliche Kosten in Form von Sachmitteln, Baumitteln, Wartung und Personalmitteln hinzukommen. Die Kosten für Sachmittel und Wartung machen überschlagsmäßig über einen Zeitraum von 5 Jahren noch einmal die Investitionskosten aus. Sie sind daher eine sehr beachtenswerte Komponente bei der Planung zukünftiger Investitionsmaßnahmen.

Im Gegensatz zu dem bisher fast ausschließlich praktizierten Kauf von DV-Geräten und -Systemen ist ein angemessener Teil der Investitionskosten für flexiblere Finanzierungsverfahren (Miete, Mietkauf, u.ä.) vorzusehen (s. Kapitel 6), da in bestimmten Einzelfällen diese Verfahren eine wirtschaftlich günstigere Lösung darstellen. Dies trifft u.a. auch für den Softwarebereich zu, da hier die sonst kostspielige Wartung und Verbesserung in den Mietkosten inbegriffen ist und gegebenenfalls schneller ein anderes, besseres Produkt angemietet werden kann.

Die Investitionsplanung im Einzelfall sollte längerfristig durchgeführt werden als bisher, andererseits ist sie dann aber auch flexibler zu gestalten. Der Finanzrahmen der Investitions- und Folgekosten ist mittelfristig anhand von Betrachtungen über die allgemeinen Anforderungen und die Kapazitätserfordernisse mit allen an der Finanzierung beteiligten Stellen abzustimmen und die Geräte- und Systemauswahl dann später kurzfristig in diesem Finanzrahmen zu treffen, um schnell und optimal auf die Marktveränderungen reagieren zu können.

## 8. Zusammenfassung der Empfehlungen

Für den betrachteten Zeitraum bis 1984 sind im folgenden die wichtigsten Empfehlungen der Kommission für Rechenanlagen zum technischen und organisatorischen Zusammenwirken der DV-Anlagen und zu den Investitionsschwerpunkten im Hochschulbereich angeführt:

### Ausbau des mehrstufigen Versorgungskonzepts

Das seit Jahren verfolgte Konzept der mehrstufigen Versorgung der Hochschulbenutzer (Regional- und Hochschulrechenzentren, Fachrechner, Endgeräte) hat sich sehr gut bewährt. Diese Versorgungsstruktur muß in technischer Hinsicht nach unten (dezentraler Arbeitsplatz, Mikrorechner, weitere Endgeräte), nach oben und, soweit nötig, in organisatorischer Hinsicht (überregionale wissenschaftliche Spezialrechner) weiter ausgebaut werden. Innerhalb dieses Konzepts haben sich die regionalen Rechenzentren sowohl vom Standpunkt der Versorgung mit quantitativ und qualitativ angemessener Rechenkapazität und deren wirtschaftlicher Bereitstellung, als auch von ihrer Wirkung als Kristallisationspunkte wertvollster Fachkompetenz sehr gut bewährt. Ihre Erhaltung und ihr maßvoller weiterer Ausbau sind dringend empfohlen.

### Ausbau der DV-Systeme und Verfügbarkeit von Software

In technischer Hinsicht ist besonders die ausreichende Schaffung wesentlich größerer Hauptspeicher-, Hintergrundspeicher- und Endgerätekapazitäten (Terminals) erforderlich, sowie die Beseitigung noch vorhandener lokaler allgemeiner Kapazitätseingänge. Die Beschaffung von notwendigen Software-Paketen ist mit gleichem Nachdruck und gleicher Wichtigkeit zu betreiben wie die Beschaffung von Hardware, und es sind entsprechende Finanzierungsansätze vorzunehmen.

### Laufende Modernisierung und flexible Finanzierung

Aus Gründen der internationalen Zusammenarbeit und Konkurrenzfähigkeit sowie wirtschaftlichen Gesichtspunkten muß die laufende Modernisierung der Anlagen intensiver betrieben werden als bisher. Dies erfordert insbesondere die Einführung neuer flexibler Finanzierungsformen (Miete, Mietkauf, u.ä.) und eine mittelfristige Finanzplanung der Maßnahmen.

Rechnervernetzung, Personalbedarf und Betriebskosten

Erhebliche Risiken bestehen für das mehrstufige Versorgungskonzept wegen der Höhe der Kosten für die erforderliche umfangreiche Vernetzung. Bei den gegenwärtigen Leistungspreisen der Bundespost ist eine starke Beeinträchtigung der Realisierung des Konzeptes zu erwarten. Für den Fall, daß diese Preise nicht erheblich gesenkt werden, muß eine entsprechende Zusatzfinanzierung der Betriebskosten für Rechnernetze gefordert werden. Ein weiteres Risiko ist der vielfach unzureichende Personalbestand der Rechenzentren und die äußerst knappe Bemessung der Betriebskosten. Besonders durch die Vernetzung entsteht ein dauernder technischer und organisatorischer Zusatzaufwand, der in den nächsten Jahren durch einen noch größeren Einführungsaufwand vergrößert wird. Die Rechenzentren müssen für diesen Zweck besser ausgestattet werden.

Bemessung der Investitionsmittel

Die Empfehlung weist eine nur schwach steigende Tendenz des Investitionsmittelbedarfs bis 1984 auf. Er schließt in der Höhe direkt an die gegenwärtige Summen an (s. Abb. 8 und 9 bisherige Investitionen und Abb. 11 Investitionsbedarf 1980-1984). Diese sehr vorsichtige Abschätzung, die auch die Finanzierbarkeit und Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkte berücksichtigt, stellt nahezu eine Minimalforderung dar. Irgendwelche Einschränkungen und Abstriche können wegen der Verflechtung der Maßnahmen weitreichende Auswirkungen auf die gesamte DV-Versorgung der Hochschulen haben. Diese Mängel in der DV-Versorgung würden sich wegen ihres Einflusses auf die anderen Fachgebiete in der allgemeinen Lehre und Forschung an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland nachteilig bemerkbar machen.

9. Anhang (Tabellen und Diagramme)

9.1 Abbildungen

<u>Verzeichnis der Abbildungen</u>		<u>Seite</u>
Abb. 1	Kostenentwicklung von Hochleistungs-Universalrechnern und Anteil der Softwarekosten	-42-
Abb. 2	Preisvorhersage für integrierte Halbleiterschaltungen	-42-
Abb. 3	Verteilung der Rechenleistung auf die einzelnen Hochschul- und Regionalrechenzentren	-43-
Abb. 4	Mittlere jährliche CPU-Bedarfszeiten auf einer Anlage vom Typ IBM 360-50 für einen Studierenden der einzelnen Fächergruppen, für die an der betreffenden Hochschule kein/ein Promotionsrecht besteht	-44-
Abb. 5	Mittlere jährliche CPU-Bedarfszeiten auf einer Anlage vom Typ IBM 360-50 für einen Wissenschaftler der einzelnen Fächergruppen	-44-
Abb. 6	DV-Kapazität der an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland installierten Rechner (von 1971 bis 1977 in TR440-Einheiten prozentual bezogen auf Gesamtkapazität 1977, mit Konfigurationsfaktor)	-45-
Abb. 7	Effektive Rechenleistung (zentrale Rechner, Fachbereichsrechner, Fremdleistungsbilanz) pro 10.000 Studenten in der Bundesrepublik Deutschland, Großbritannien und den Niederlanden	-46-
Abb. 8	Investitionen im DV-Bereich an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland über 150.000,-DM je Investition, aufgeschlüsselt nach Investitionsbereichen	-47-
Abb. 9	Investitionen im DV-Bereich an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland über 150.000,-DM je Investition, aufgeschlüsselt nach Finanzierungsprogramm	-48-
Abb. 10	Altersstruktur der zur Zeit an Hochschul- und Regionalrechenzentren installierten Rechner	-49-
Abb. 11	Investitionsbedarf im DV-Bereich an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1980 bis 1984	-50-

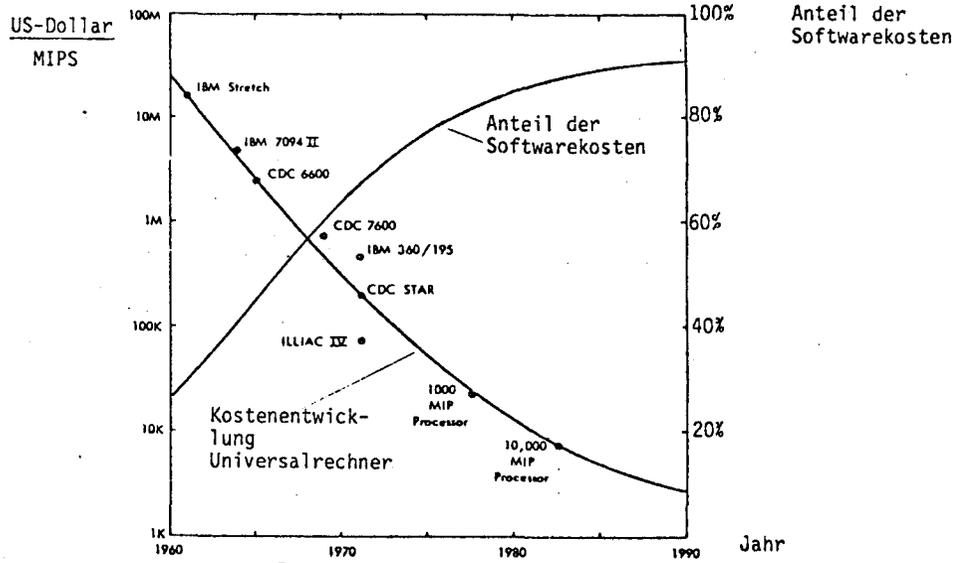


Abb. 1: Kostenentwicklung von Hochleistungs-Universalrechnern und Anteil der Softwarekosten (Quelle: TURN74 p. 80 und BOEH73)

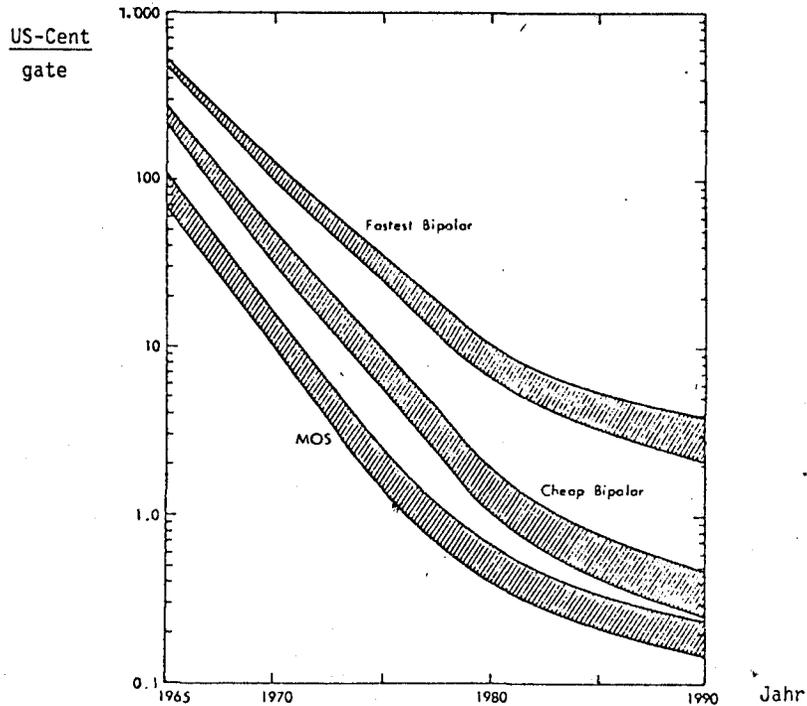


Abb. 2: Preisvorhersage für integrierte Halbleiterschaltungen (Quelle: TURN74 p.159)

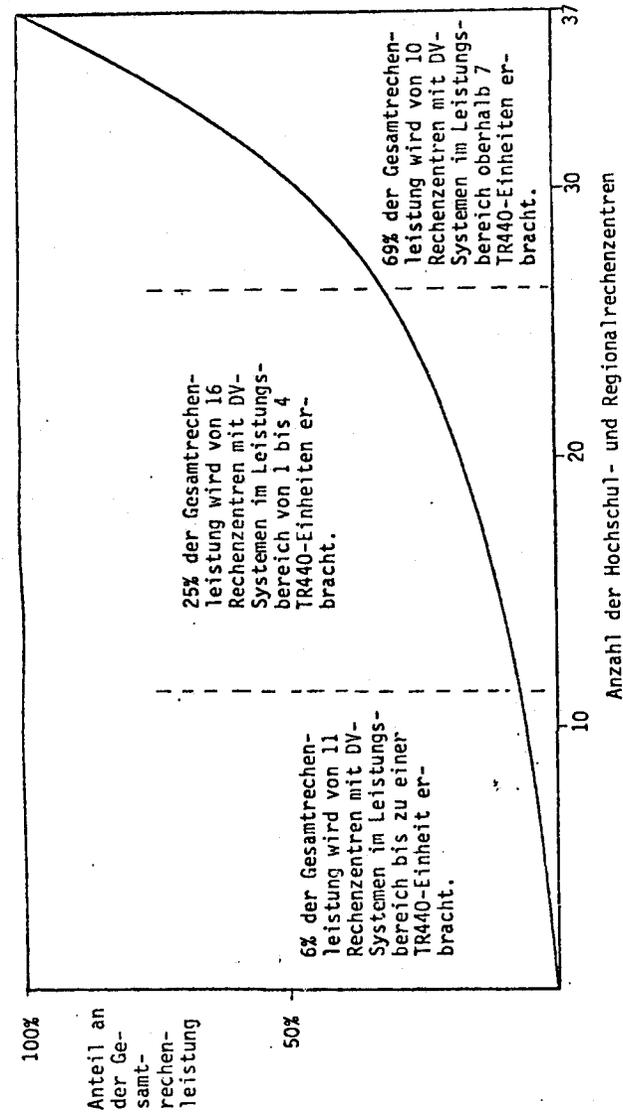


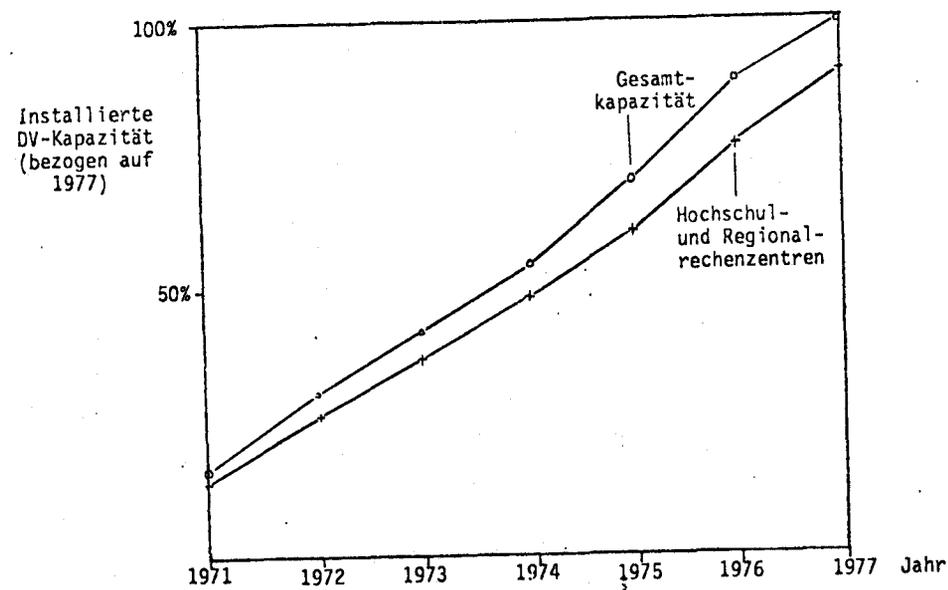
Abb. 3: Verteilung der Rechenleistung auf die einzelnen Hochschul- und Regionalrechenzentren

Fächergruppe	mittl. jährl. CPU-Bedarfszeit eines Studenten (in IBM 360-50-CPU-Std.) an Hochschulen	
	ohne Promotionsrecht	mit Promotionsrecht
Mathematik, Informatik	0.754	0.914
Physik	1.387	2.610
Übrige Naturwissenschaften	0.952	1.258
Ingenieurwissenschaften	1.660	1.813
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	0.092	0.188
Philosophie, Philologie, Psychologie, Sprachwiss., Pädagogik, Theologie, Völkerkunde, Theaterwiss., Musikwiss.	0.018	0.028
Medizin	0.016	0.025
Sonstige	0.0	0.0

Abb. 4: Mittlere jährliche CPU-Bedarfszeiten auf einer Anlage vom Typ IBM 360-50 für einen Studierenden der einzelnen Fächergruppen, für die an der betreffenden Hochschule kein/ein Promotionsrecht besteht (Quelle: ADV-G75 p.55)

Fächergruppe	mittl. jährl. CPU-Bedarfszeit eines Wissenschaftlers (in IBM 360-50-CPU-Std.)
Mathematik, Informatik	1.66
Physik	8.27
Übrige Naturwissenschaften	7.15
Ingenieurwissenschaften	5.80
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	3.46
Philosophie, Philologie, Psychologie, Sprachwiss., Pädagogik, Theologie, Völkerkunde, Theaterwiss., Musikwiss.	1.3
Medizin	0.18
Sonstige	0.0

Abb. 5: Mittlere jährliche CPU-Bedarfszeiten auf einer Anlage vom Typ IBM 360-50 für einen Wissenschaftler der einzelnen Fächergruppen (Quelle: ADV-G75 p.57)



	DV-Kapazität der an den Hochschulen installierten Rechner in TR440-Einheiten in den Jahren						
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Hochschul- und Regionalrechenzentren	21.0	40.0	58.2	76.6	96.2	122.8	145.6
Fachbereichsrechner	3.1	7.0	9.4	10.5	16.4	18.5	17.6
Gesamtkapazität	24.1	47.0	67.5	87.0	112.5	143.8	163.2
jährlicher Wachstumsfaktor (gemittelt)*		1.70	1.656	1.34	1.29	1.23	1.21

\* Bemerkung: zum Ausgleich von Zeitunterschieden (Bewilligung, Installation, Bezahlung) wurden die Kapazitätsangaben über 2 bzw. 3 Jahre gemittelt

Abb. 6: DV-Kapazität der an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland installierten Rechner (von 1971 bis 1977 in TR440-Einheiten prozentual bezogen auf Gesamtkapazität 1977, mit Konfigurationsfaktor)

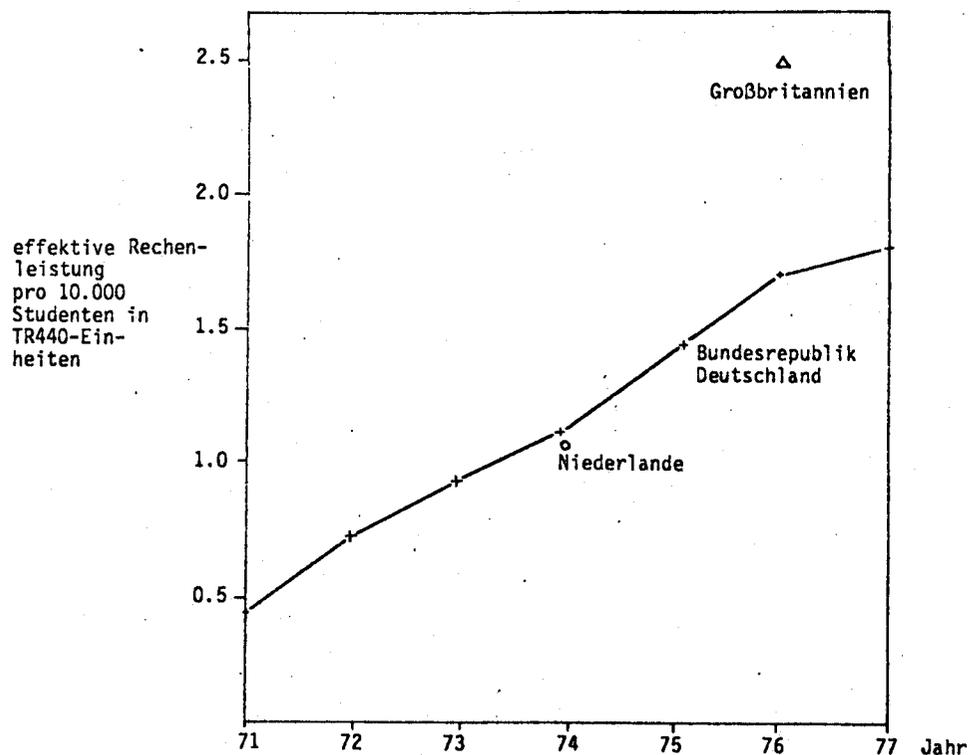
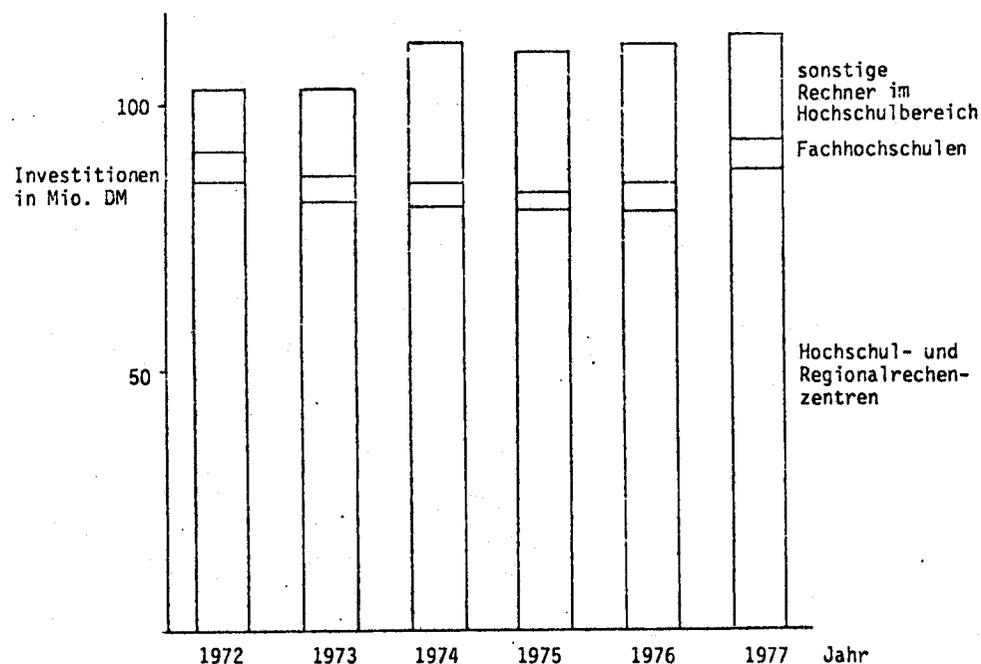


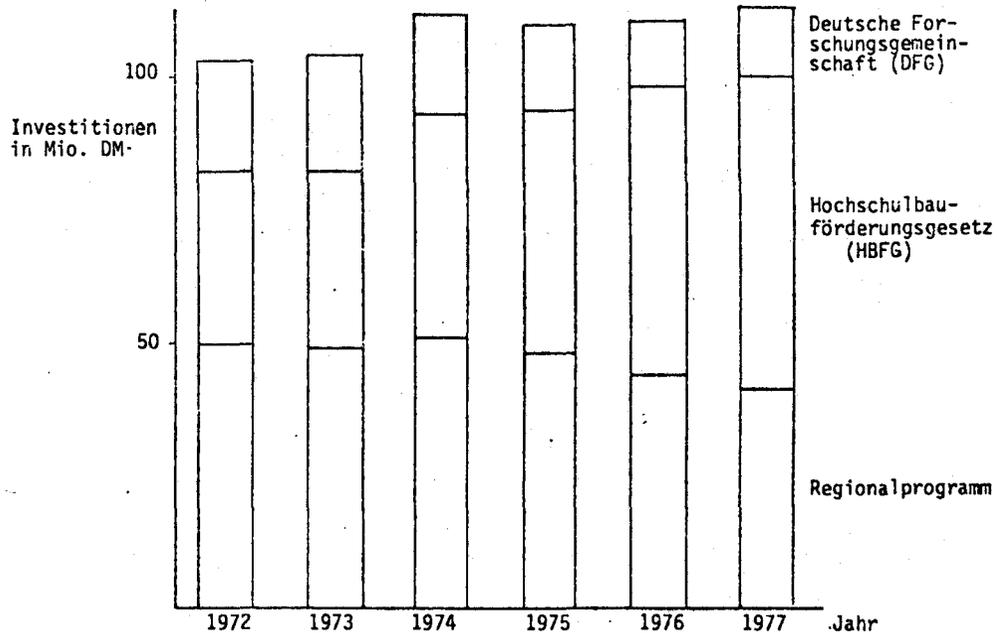
Abb. 7: Effektive Rechenleistung (zentrale Rechner, Fachbereichsrechner, Fremdleistungsbilanz) pro 10.000 Studenten in der Bundesrepublik Deutschland, Großbritannien und den Niederlanden



(Bemerkung: Zum Ausgleich von Zeitunterschieden (Bewilligung, Installation, Bezahlung) wurden die u. a. Investitionen jeweils über 2 bzw. 3 Jahre gemittelt)

Investitionsbereich	Investitionen im DV-Bereich in Mio. DM					
	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Hochschul- und Regionalrechenzentren	63.9	103.4	74.5	64.7	101.2	73.8
Fachhochschulen	3.4	7.7	2.7	4.3	3.2	7.4
sonstige Rechner im Hochschulbereich	8.2	16.4	25.8	37.5	16.0	23.5
Gesamtsumme	75.5	127.5	103.0	106.5	120.4	104.7
gemittelte Gesamtsumme	101.5	102.0	112.3	110.0	110.5	112.6

Abb. 8: Investitionen im DV-Bereich an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland über 150.000,-DM je Investition, aufgeschlüsselt nach Investitionsbereichen



(Bemerkung: Zum Ausgleich von Zeitunterschieden (Bewilligung, Installation, Bezahlung) wurden die u. a. Investitionen jeweils über 2 bzw. 3 Jahre gemittelt)

Finanzierungsprogramm	Investitionen im DV-Bereich in Mio. DM					
	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Regionalprogramm	43.6	56.3	46.9	50.2	46.4	36.3
Hochschulbauförderungsgesetz (HBFG)	11.8	48.1	32.4	46.7	60.5	55.9
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)	20.1	23.1	23.7	9.6	13.5	12.5
Gesamtsumme	75.5	127.5	103.0	106.5	120.4	104.7

Abb. 9: Investitionen im DV-Bereich an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland über 150.000,-DM je Investition, aufgeschlüsselt nach Finanzierungsprogramm

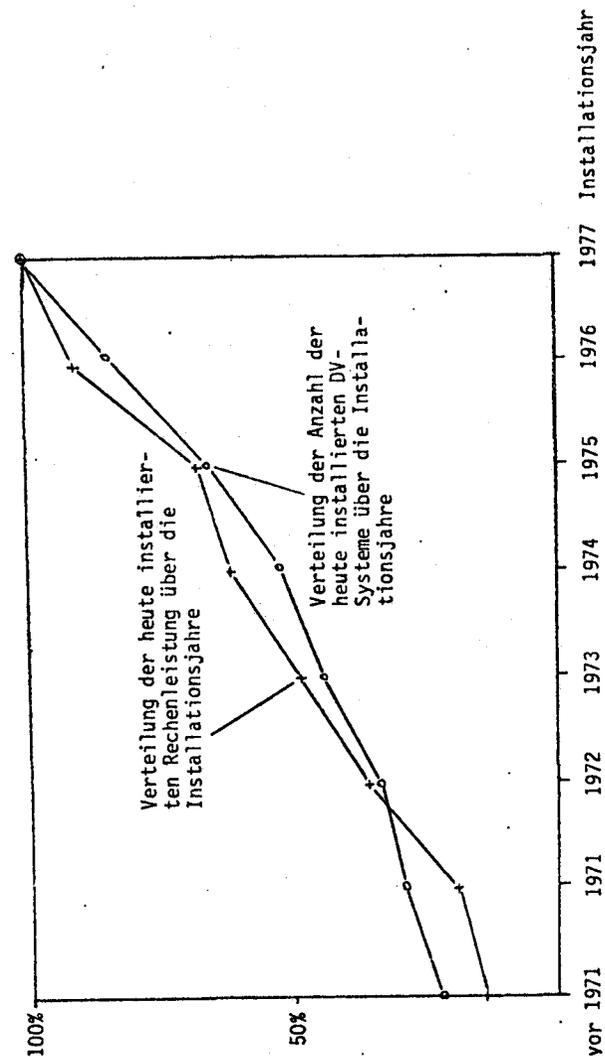


Abb. 10: Altersstruktur der zur Zeit an Hochschul- und Regionalrechenzentren installierten Rechner

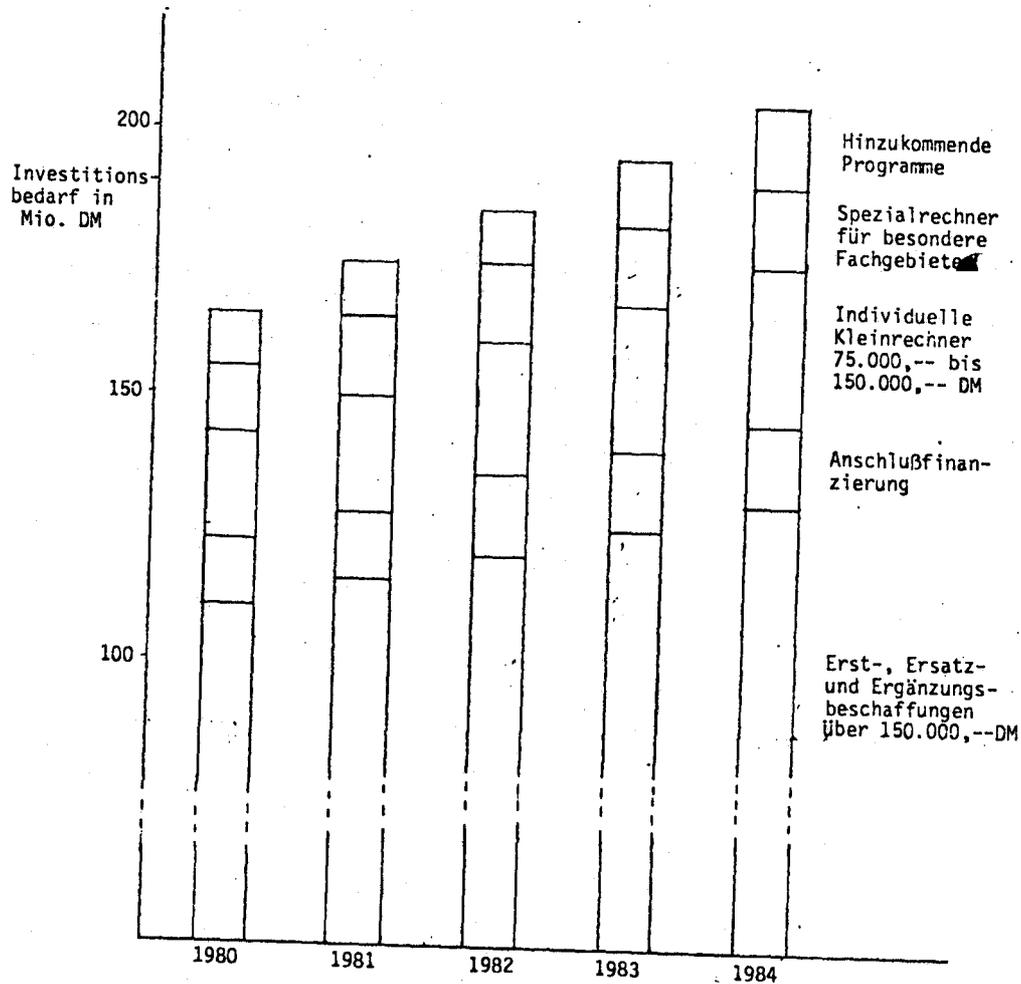


Abb. 11: Investitionsbedarf im DV-Bereich an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1980 bis 1984

9.2 Aufstellung der an den Hochschul- und Regionalrechenzentren installierten Großrechenanlagen (Stand 31.12.1978)

Ort	Anlage	Installationsjahr
TH Aachen	CDC 6400	vor 1971
	CDC Cyber 175	1976
FU Berlin	CDC Cyber 173	1972/77
TU Berlin	CDC 6500	1971
GRZ Berlin	CGK TR440-DP	1971/75
	CDC Cyber 175	1976
	CGK TR440	1977
	Siemens 7748	1977
U Bochum	CGK TR440-DP	vor 1971/75
RRZ Bonn	IBM/370-168	1973
U Bielefeld	Siemens 4004/45	1975
	CGK TR440	1976
TU Braunschweig	ICL 1907	vor 1971
	ICL 1906S	1972
U Bremen	CII Iris 80	1973
TU Clausthal	CGK TR440	1976
RRZ Darmstadt	IBM/370-168	1973
RRZ Düsseldorf	Siemens 4004/45 G	1974
	CGK TR440-DP	1976
U Dortmund	IBM/370-156	1973
RRZ Erlangen	CGK TR440-TP	1976
U Freiburg	UNIVAC 1100/81	1977
U Frankfurt	UNIVAC 1108	vor 1971
	DEC-System 1091 KL (1)	
RRZ Marburg-Gießen	CGK TR440-DP	1975
	CDC Cyber 174	1978
U Göttingen (incl.MPG)	UNIVAC 1108	vor 1971
	UNIVAC 1100/82 (1)	
FU Hagen	IBM 3031	1978
RRZ Hamburg	CGK TR440-DP	1971/75
	Siemens 7755	1976

Aufstellung der an den Hochschul- und Regionalrechenzentren installierten Großrechenanlagen (Fortsetzung)

Ort	Anlage	Installationsjahr
RRZ Hannover	CDC Cyber 73	1972
	CDC Cyber 76/73	1973
RRZ Heidelberg-Mannheim	IBM/370-168	1974
	Siemens 4004/151	1974
U Hohenheim	ICL 1904 A ICL 2960 (1)	vor 1971
RRZ Kaiserslautern-Trier	CGK TR440	1972
	CGK TR440	1975
	CGK TR440	1977
U Karlsruhe	UNIVAC 1108 Burroughs B7700	vor 1971 1976
GHS Kassel	CGK TR440	1977
U Kiel	DEC System 1077 KI	1971/76
RRZ Köln	CDC Cyber 76/72	1974
U Konstanz	CGK TR440	1975
U Mainz	HB 66/80	1977
LRZ München	CDC Cyber 175	1977
	CDC Cyber 175	1978
U Münster	IBM 3032	1978
RRZ Oldenburg-Osnabrück	CGK TR440	1975
	CGK TR440	1977
U Regensburg	Siemens 4004/45 G CGK TR440-DP	1975 1977
U Saarbrücken	CGK TR440-DP	1973/77
RRZ Stuttgart	CDC 6600	vor 1971
	CDC Cyber 174	1975
U Tübingen	CDC 3300 CGK TR440-DP	vor 1971 1976
U Ulm	CGK TR440	1973
U Würzburg	CGK TR440	1974

(1) In der Beschaffung

9.3 Aufstellung der im Rahmen des Informatikprogramms installierten Rechenanlagen (Stand: 1.9.1978)

Ort	Anlage	Installationsjahr
Aachen	CGK TR440	1974
Berlin	IBM/370-158	1974
Bonn	AEG 8060	1977
Braunschweig	Prime 300	1975
Darmstadt	Siemens 7.748	1978
Dortmund	Siemens 7.738	1977
Erlangen	CDC Cyber 172	1977
Hamburg	DEC 1050 KA	1972
Kaiserslautern	Siemens 7.730	1975
Karlsruhe	Siemens 7.755	1978
Kiel	Siemens 7.755	1976
München	CGK TR440 DP	1972
Saarbrücken	CGK TR86	1972
Stuttgart	CGK TR440	1973

9.4 Quellenangaben

- ADV-G75      ADV-Gesamtplan für die Hochschulen des Landes Nordrhein-  
Westfalen bis 1980 (ADVGP-HS 1980)  
Minister für Wissenschaft und Forschung des Landes  
Nordrhein-Westfalen, 1975
- BOEH73      B.W. Boehm, Software and it's Impact  
Datamation, May 1973
- DFG71-77    Tätigkeitsberichte der DFG 1971 bis 1977
- TURN74      Rein Turn, Computers in the 1980s  
Columbia University Press New York and London, 1974
- REUS77      Durchsatzleistungsvergleiche von DV-Systemen  
Online 7,8/77, Seiten 541 - 576