

Ansprache zum Festkolloquium aus Anlaß der Einweihung des Höchstleistungs-
rechners CRAY XMP am 27. Februar 1984

Dr.-Ing. R. Theenhaus, Jülich

Meine sehr verehrten Damen und Herren, liebe Gäste, im Namen des Vorstands der Kernforschungsanlage Jülich begrüße ich Sie sehr herzlich zum heutigen Festkolloquium aus Anlaß der Einweihung des Höchstleistungsrechners CRAY XMP.

Ich begrüße besonders.....

Ich freue mich, daß Sie so zahlreich der heutigen Einladung gefolgt sind, bei der man zunächst fragen kann, "Die Inbetriebnahme eines weiteren Rechners in einem Forschungszentrum, ist denn dies ein Anlaß zum Feiern?"

Ich möchte die Antwort darauf, die heute Nachmittag und auch in den beiden nächsten Tagen sicherlich noch verdeutlicht wird, vorwegnehmen: Zum einen ist es in der heutigen Zeit nicht trivial, sich ein Instrument dieser Größenordnung leisten zu können - und dafür möchte ich mich an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich bei den beiden Gesellschaftern der KFA, nämlich dem Bund und dem Land Nordrhein-Westfalen, bedanken - zum anderen stellt die Implementierung eines Höchstleistungsrechners des Typs Cray XMP die Einleitung einer wirklich neuen Ära dar. Wir haben also wirklich einen Grund zum Feiern.

Die Kernforschungsanlage Jülich, die mit heute über 4.000 Mitarbeitern etwa zur Hälfte im Bereich der Grundlagenforschung, zur anderen Hälfte im Bereich

angewandter Forschung und Entwicklung - insbesondere und überwiegend im Bereich der Energietechnik - tätig ist, hat in der Anwendung und Nutzung von Rechnern als Instrument für ihre vielfältigen Forschungstätigkeiten eine gute und lange Tradition: Bereits im Jahr 1964 hat die KFA in ihrem Institut für Angewandte Mathematik ZAM ihre erste IBM 1401 installiert, 1967 war es dann eine IBM/360-75, 1971 waren es zwei IBM-Maschinen,

nämlich eine 370 für den Batchbetrieb und eine 360 für das Time-Sharing. Seit 1980 laufen drei IBM-Maschinen, heute haben wir nun die Cray XMP und drei Universalrechner der obersten Kapazitätsklassen (IBM 3081, 2 x IBM 3033) in unserem Zentralinstitut für Angewandte Mathematik in Betrieb, die KFA verfügt damit über das leistungstärkste Rechenzentrum für wissenschaftlich technische Forschung in Europa. Die KFA hat ebenso sehr früh, d.h. in den Jahren 1970/71, die Bedeutung von Rechnerkopplungen erkannt und hat das erste wirkliche Rechnernetz im Forschungsbereich in den Jahren 1970/71 konzipiert und implementiert, unter dem schönen Namen "Joker". Heute sind etwa 50 Prozeßrechner mit den zentralen Großrechnern gekoppelt, insgesamt betreibt die KFA etwa 200 Prozeßrechner.

Die Chronologie der modernen Datenverarbeitung und Rechner ist sicher ein Thema für sich, lassen Sie mich dennoch mit wenigen Sätzen die stürmische Entwicklung, die hinter uns liegt, nachzeichnen, um damit ebenso zu verdeutlichen, wohin der Weg mindestens im Bereich der Hardware-Entwicklung noch führen kann:

Die maschinelle Datenverarbeitung über Lochkarten (Hollerith) gegen Ende letzten Jahrhunderts, die Entwicklung von Rechenautomaten unter Anwendung der Relais-technik und selbst die ersten Elektronenrechner, die etwa 20.000 Röhren, 2.000 Relais und einen Leistungsverbrauch von mehr als 150 KW hatten, sind zwar wichtige Meilensteine in der Entwicklung der Rechentechnik, eine wirkliche Durchdringung aller Bereiche von Wissenschaft, Technik, Industrie, Wirtschaft, öffentlichem Leben und heute selbst bis in die privaten Bereiche hinein ist den Rechnern erst durch die Entwicklung im Bereich der Halbleitertechnik gelungen. Der Ersatz der Röhre durch den Transistor, die Entwicklung der Integrationstechnik in den Stufen large scale integration LSI, very large scale integration VLSI, ultra large scale integration ULSI bezeichnen weitere Entwicklungsstufen in dieser Technik. So ist ein heutiger Mikrorechner zu einem Preis von etwa 100 Dollar um etwa eine Größenordnung schneller, hat ein um etwa 4 Größenordnungen geringeres Volumen als die eben erwähnten Elektronenrechner auf Röhrenbasis und hat dabei eine Leistungsaufnahme einer kleinen Glühbirne. So enthält heute ein Chip von wenigen mm² mehr als 100.000 Bauelemente, es ist absehbar, daß die Zahl auf 1 Mio. steigt. Röntgen- und Elektronenstrahlen werden bald das sichtbare Licht ersetzen, um die Mikrostrukturen zu noch kleineren Abmessungen zu führen. Die heute verfügbaren Massenspeichersysteme, z.B. des Typs IBM 3850, sind so weit entwickelt, daß man mit einem solchen System den Inhalt der amerikanischen Kongreßbibliothek mit 20 Mio. Bänden auf 20 solcher Systeme speichern kann.

Der Fortschritt insbesondere in der Speichertechnologie betrug in den letzten Jahren annähernd 50 % mehr Speicherzellen pro Chip und pro Jahr, 256 K bit Speicher (auf einem Chip) kommen jetzt auf den Markt, 1 M bit-chips werden in 2 - 3 Jahren kommerziell erhältlich sein. Es gibt eine Aussage einer führenden Halbleiterfirma, die darstellt, daß gegen Ende des Jahrzehnts ein VAX-780 Chip, d.h. ein Chip, der die Leistung einer heutigen VAX-780 hat, dann noch etwa 1 Dollar in der Herstellung kosten wird. Natürlich gibt es physikalisch technische Grenzen in jeder Entwicklung, insbesondere durch kleinste Fundamentalmessungen, die nicht mehr zu unterschreiten sind, durch Schaltgeschwindigkeiten und Laufzeiteffekte ebenso wie durch Wärmeabfuhrprobleme. Dies ändert aber nichts daran, daß sich das Preis- Leistungs-Verhältnis in den nächsten Jahren rasant positiv weiterentwickeln wird.

Diese Entwicklungen, die ich mit diesen wenigen plakativen Aussagen bezeichnen wollte, haben vier wesentliche Konsequenzen:

1. Relativ kleine Rechner, produziert in Massenserien, so wie etwa die "Personal Computer", werden in den nächsten Jahren noch preiswerter und alle Bereiche unseres Lebens durchdringen.
2. Durch die hohe Integrationsdichte und Packungsdichte ist mindestens die notwendige Voraussetzung für die Entwicklung von Größtrechnern (Supercomputern) gegeben.

3. Der Kopplung von Rechnern, d.h. dem Rechnerverbund und den Rechnernetzwerken und damit der Kommunikation kommt eine steigende Bedeutung zu. Datenverarbeitung ist von Kommunikation nicht mehr zu trennen.
4. Mit der so gewachsenen und weiter wachsenden Komplexität kommt der Software eine entscheidende Bedeutung zu.

Daß bei der Konzipierung von Größtrechnern allein schon aufgrund der enormen Anzahl der Bauelemente und damit der Einzelfunktionen/der Frage des Aufbaus eines solchen Rechners, d.h. der Struktur und damit der Architektur, die entscheidende Bedeutung zukommt und daß auch wohl dort das eigentliche Fortschrittspotential liegt, ist offenkundig. In Abgrenzung zu der von-Neumann-Architektur, die allen bisherigen Rechnern - auch Großrechnern - zugrunde gelegen hat, lassen sich diese neuen Rechnerarchitekturen unter der Überschrift "Parallelprozessoren" subsummieren. Hierbei sind die heute kaufbaren Maschinen Cray der Firma Cray Research Incorporation und Cyber 205 der Firma Control Data Corporation CDC erste Schritte in diese Richtung, die nicht nur einen bemerkenswerten Schritt zu größerer "capacity", sondern insbesondere einen Sprung in der "capability" darstellen. Die in den letzten Jahren neu gebildete und sich neu formende "Computational Science" als dritte wissenschaftliche Disziplin, d.h.

die Untersuchung komplexer und vielfältiger Systeme mit Hilfe von Rechnern, erhält eigentlich erst durch die Entwicklung dieser neuen Supercomputer ihre Arbeitsfähigkeit.

Solche komplexen Fragen und Probleme, die man jetzt mit diesen Größtrechnern angehen kann, sind beispielsweise

- Dynamik von Klima und Wetter
- Verhalten bei chemischen Reaktionen und ökologischen und soziologischen Systemen aufgrund der nichtlinearen Zusammenhänge
- Phasenübergänge in Festkörpern und Flüssigkeiten (hier verweise ich auf die Idee der Renormierung, für die der Nobelpreis für Physik 1982 an Kenneth Wilson gegeben wurde)
- das Feld der Strömungsdynamik (wichtig für Flugzeugbau, Automobilbau im Bereich der Technik), aber auch damit zusammenhängend
- Magnetohydrodynamik und Plasmaphysik
- das Ziehen hochwertiger Einkristalle
- die Physik und Chemie der Polymere/usw.

Diese beispielhaft aufgeführten Themen, meine Damen und Herren, behandeln im Grunde Systeme, deren Eigenschaften aus der Wechselwirkung, der Kooperation einer sehr großen Anzahl von Einzelbausteinen resultieren, es sind in diesem Sinne Vielteilchensysteme. Dabei zeigt sich nun, daß die wirklich aufregenden

Probleme in steigendem Maße bei den räumlich nur teilweise geordneten oder gar ungeordneten Systemen liegen. Es sind dies weit in die Zukunft weisende, sehr komplexe Fragenstellungen, die zwar zunächst grundlegende Fragen darstellen, d.h. zunächst als Grundlagenforschung verstanden werden können, die aber dann sehr schnell in die Anwendung hineinreichen und zu angewandten Technologien werden. So behandelt man z.B. heute in der Festkörperforschung als Teilgebiet der Vielteilchenforschung die Entwicklung spezieller Materialien, wie z.B. magnetische Speichermaterialien für die Computerindustrie, Materialien für die Wasserstoffspeicherung, elektrisch leitfähige Hochpolymere, metallische Gläser, Verbundwerkstoffe mit besonderen mechanischen, elektrischen, magnetischen und chemischen Eigenschaften, hochtemperaturbeständige Legierungen, Keramiken, um einige zu nennen. Es ist absehbar, daß sich aus diesen Themen das Innovationspotential für die nächsten Dekaden entwickeln wird, mit dem dann die Industrie den weltweiten Wettbewerb bestehen kann und muß. Vielteilchenforschung in diesem Sinne kann, ich glaube ohne Übertreibung, als Teil einer Antwort auf die japanische Herausforderung verstanden werden.

Wenn die Kernforschungsanlage Jülich sich also im wissenschaftlichen weltweiten Wettbewerb behaupten will, ist die Nutzung eines solchen modernen Instrumentariums unumgänglich, insbesondere für ihre Forschungsbereiche, nämlich der eben umrissenen Vielteilchenforschung und damit der Festkörperphysik, aber auch der Atmosphären-Physik und Klimaforschung, für den Bereich der nuklearen Grund-

lagenforschung und die Plasmaphysik und Fusionstechnik, aber auch für Fragen der Sicherheitsforschung, Hochtemperaturenergieforschung, der Entwicklung der Spallationsneutronenquelle sowie der späteren Forschung mit diesem Instrument sowie auch für Probleme der Systemanalyse bis hin zu Aufgaben in der Biologie, Chemie und Medizin sowie der Erdöllagerstätten, alles Gebiete der KFA!!

Natürlich macht die Erschließung des Potentials dieses Höchstleistungsrechners die Entwicklung neuer Software oder zumindest die optimale Anpassung existierender Programme an die neuen Rechnercharakteristika nötig. Die KFA hat mit der Installation der Cray XMP einen wesentlichen Schritt getan und das Gebiet der Computational Science für die KFA weiter geöffnet. Die Förderung dieser Disziplin setzt aber mehr als eine einmalige Aktion voraus: sie muß vielmehr durch qualifizierte Arbeiten auf dem Gebiet geeigneter Algorithmen, durch Wechselwirkung mit den Entwicklern und Herstellern innovativer Systeme sowie durch konsequenten Ausbau des Höchstleistungscomputing in der KFA langfristig abgesichert werden. Die Entwicklung von Methoden und Techniken der Parallelverarbeitung und die Auseinandersetzung mit der Architektur zukünftiger Parallelprozessersysteme sowie ihre Leistungsbewertung und Fragen des Entwurfs von Rechnersystemen müssen und werden deshalb als zukunftsorientierte Aufgabengebiete ihren Platz in der KFA und damit im Zentralinstitut für Angewandte Mathematik haben, wenn wir die aufgeführten Fragen des Gebietes Vielteilchensysteme und

andere Komplexe moderne Wissenschaftsgebiete hier in der KFA erfolgreich bearbeiten und lösen wollen.

Ich habe bereits darauf hingewiesen, daß die Kommunikation und Datenverwaltung an Bedeutung und Gewicht zunehmen werden; dabei sind für die KFA insbesondere folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Die Hochleistungskopplung der Prozessoren,
- Der Zugriff zu allen Systemen muß von allen Datenendgeräten aus gewährleistet werden,
- eine Verbindung und damit der Zugriff zu externen Netzen sowie die Integration verschiedener Dienste, wie Textverarbeitung, Elektronik Mail, Büroautomatisierung, Teletext u.a. sind dabei zu beachtende Leitlinien für die Entwicklung von Kommunikationssystemen und der verteilten Datenverarbeitung.

Meine Damen und Herren, ich habe erwähnt, daß die jetzigen Größtrechner erst einen ersten Schritt in eine neuartige Richtung darstellen. Die Lösung der beispielhaft dargestellten komplexen Probleme aus dem Bereich der Vielteilchensysteme oder auch anderer Wissenschaftsgebiete, und hier denke ich auch z.B. an Fragen aus der Volkswirtschaft und Nationalökonomie, ist auch mit der jetzt verfügbaren Rechnergeneration nicht umfassend und abschließend möglich: Dazu

sind auch auf solchen Anlagen die notwendigen Rechenzeiten zu lang. Wenn man beispielsweise die Rechenzeiten für die dynamische Simulation von Reaktionsabläufen makromolekularer Komplexe abschätzt, kommt man zu Zeiten in der Größenordnung 10^8 Std. (= 10.000 Jahre) unter Zugrundelegung heute verfügbarer Methoden. Auch damit wird noch einmal deutlich, daß neben der Weiterentwicklung der Hardware-Technologien insbesondere der Weiterentwicklung der Rechnerarchitekturen und der Methoden und Algorithmen eine mindestens gleich große Bedeutung zukommt. Der Komplex der Computational Science erfordert somit eine synergetische Kooperation zwischen Rechnerarchitektur, Algorithmenentwurf und problemorientierter Methodenentwicklung. Ich persönlich bin überzeugt, daß dabei gerade auch den Forschungseinrichtungen sowie auch den Universitäten eine wichtige Funktion als know-how-Träger zukommt, auch um das Wissen und die Methoden für komplexe Problemlösungen rechtzeitig in die Industrie und Wirtschaft einbringen zu können. Wir können, wenn wir uns alle zusammen Mühe geben, den Anschluß an die weltweite Entwicklung noch schaffen.

Insgesamt ist zu diesem Thema der fortgeschrittenen Computertechnologien, was auch als Entwicklung der fünften Computergeneration bezeichnet wird, weltweit ein scharfer Wettbewerb sowohl in Forschung und Entwicklung als auch dann bei der kommerziellen Vermarktung dieser Produkte entstanden. Dieses Wettrennen in wirtschaftlicher Hinsicht insbesondere zwischen Japan und Amerika wurde jetzt auch deutlich durch Ankündigungen der japanischen Firmen Fujitsu,

Hitachi und NEC, Größtrechner im Bereich von 500 - 1.300 MFLOPS (million floating point operations per second) auf den Markt zu bringen. Dabei ist bemerkenswert, wie - im Gegensatz zur Bundesrepublik und allgemeiner im Gegensatz zu Europa - jetzt in den USA eine unübersehbare Zahl von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und Projekten zum Entwurf von Parallelprozessoren und anderen innovativen Rechnerstrukturen, wie Datenbankprozessoren, Datenflußmaschinen, Prozessoren für die Signal- und Bildverarbeitung, um nur einige zu nennen, in Gang gekommen ist. Hier ist besonders erwähnenswert beispielsweise das Ultracomputerprojekt des Courant Institute an der New York University, das neue Hardware, Software und Algorithmenkonzepte mit zukünftiger Technologie vereinen soll. Ich meine, daß dabei zunächst unwesentlich ist, welches dieser Vorhaben möglicherweise zur Marktreife geführt werden kann; vielmehr muß die Wirkung der Vielfalt dieser Aktivitäten für den Aufbau des für zukünftige Entwicklungen wichtigen Wissens und Könnens gesehen werden, insbesondere auch im Hinblick auf die Förderung des dringend benötigten Nachwuchses an wissenschaftlich-technischen Spitzenkräften, hier drohen unser Land und auch Europa ins Abseits zu geraten.

Auch auf diesem Hintergrund erscheint es geradezu notwendig, zukünftige Benutzer von Großrechnersystemen, wie die KFA, frühzeitig in den Analyse- und Bewertungsprozeß für die Konzipierung neuer Rechnerarchitekturen einzubinden. Hier hat sicher die KFA ein zwar begrenztes aber doch interessantes Erfahrungspotential:

Im Zentralinstitut für Angewandte Mathematik der KFA liegt seit Jahren eine wesentliche Expertise vor, nicht nur für die Systemimplementation von Groß- und Höchstleistungsrechnern, sondern auch für die Analyse und Bewertung von innovativen Rechnerstrukturen und den Entwurf von Algorithmen für Vektor und Pipelinerechner und Parallelprozessoren.

So hat sich die KFA bereits in der zweiten Hälfte der 70iger Jahre mit diesen neuartigen Rechnerarchitekturen befaßt: Die Anschaffung und Implementierung und die Nutzung dieser neuen Rechnergeneration (à la Cray) ist die Folge einer seit langem angelegten und längerfristig konzipierten Forschungsstrategie der KFA. Die KFA hat sich dann nach einem mehrjährigen Entscheidungsprozeß im Jahre 1982 aus mehreren alternativen Möglichkeiten heraus für die Cray entschieden.

Lassen Sie mich das Stichwort Cray auch zum Anlaß nehmen, ganz kurz einen anderen weiteren Aspekt des Themas Entwicklung, Herstellung und Anwendung von Rechnern zu beleuchten, nämlich den, der auch in unserem Lande viel diskutierten innovativen Firmengründungen:

Wer ist die Firma Cray Research Incorporation? Sie wurde im Jahre 1972 von Seymour Cray, dem seinerzeitigen Chefdesigner bei Control Data Corporation, gegründet mit dem Ziel der Entwicklung von Größtrechnern. Die erste Cray-Maschine wurde dann 1976 im Los Alamos Lab installiert. Nach der Umwandlung in eine

Aktiengesellschaft installierte Cray die erste Maschine in der Industrie im Jahre 1978. Im gleichen Jahr wurden Niederlassungen in Japan, Frankreich, Deutschland und England gegründet. 1979 wurde die Cray-1 S angekündigt, 1982 die Cray XMP, von der die zweite Installation weltweit jetzt in der KFA erfolgte. Der Umsatz im Jahr 1983 betrug weltweit etwa 170 Mio. Dollar, Ende 1983 waren 65 Cray-Größtrechner weltweit installiert, die Mitarbeiterzahl beträgt ca. 1.500 (Dias: 1. Installation der ersten Cray in Los Alamos, 2. Umsatz der Entwicklung der Fa. Cray, 3. - 6. Forschungs- und Industrieanwendungen der Cray).

Lassen Sie mich nach dieser kurzen Abschweifung noch auf das Symposium hinweisen, das in den beiden folgenden Tagen hier stattfinden wird und in dem die Nutzer von Großrechnern im Bereich der Natur und Ingenieurwissenschaften und Experten für Rechnerarchitektur und Algorithmen gemeinsam die Frage prüfen wollen, inwieweit sich aus den künftigen Anforderungen von Seiten der Anwender Konsequenzen für Architekturen ableiten lassen. Diese geplante Zusammenkunft ist sicherlich nur ein erster Schritt zu einem intensiveren und kontinuierlichen Gedankenaustausch zwischen Rechneranwendern und Rechnerarchitekten in Ergänzung zu den Bemühungen anderer Organisationen wie beispielsweise der Gesellschaft für Informatik. Insgesamt meine ich, daß System- und Architekturfragen, Hardware-Realisierungen, Algorithmen und Software-Entwicklungen nur gemeinsam

behandelt werden können, damit bemerkenswerte Fortschritte erzielt werden.

Meine Damen und Herren, mit der Inbetriebnahme der neuen Cray XMP ist ohne Zweifel der Forschung in der KFA ein hervorragendes, neuartiges Instrument, das weit in die Zukunft weist, zur Verfügung gestellt. Dies ist ein Anlaß zum Zusammenkommen, zum Feiern und auch zum Gedankenaustausch.

Wir wollen mit dieser Veranstaltung in diesen 3 Tagen vor allem aber auch die zukünftige Bedeutung des Gebietes der innovativen Rechnerarchitekturen, Algorithmen und Anwendungen für die Wissenschaft und Forschung und last not least auch für die Industrie herausstellen.

Es erscheint mir unabdingbar, daß auf diesem Gebiet der Informationstechnologie, das so entscheidend in viele andere Gebiete hineinwirkt, insbesondere unser Land, die Bundesrepublik Deutschland, weit stärkere Anstrengungen unternimmt. Ich möchte daher die Verantwortlichen in Wissenschaft, Forschung, Technik und in der Industrie und nicht zuletzt auch die Verantwortlichen in den Ländern und Bundesministerien ermuntern und ermutigen, die notwendigen Rahmenbedingungen für diese außerordentlich wichtige gemeinsame Anstrengung zu verbessern und auszubauen.

Ihnen allen wünsche ich, meine sehr verehrten Damen und Herren, für Ihren Aufenthalt hier in Jülich einige angenehme und auch interessante Stunden oder auch Tage, und dieser Veranstaltung einen erfolgreichen Verlauf. Vielen Dank!