

David Gugerli | Ricky Wichum

An den Grenzen der Berechenbarkeit **Supercomputing** in Stuttgart



David Gugerli, Ricky Wichum

**AN DEN GRENZEN DER
BERECHENBARKEIT
SUPERCOMPUTING
IN STUTTGART**

CHRONOS



Informationen zum Verlagsprogramm:

www.chronos-verlag.ch

Umschlagbild: Einrichtungsarbeiten für die Cray-1
im Rechenzentrum Stuttgart am 7. Oktober 1983 (Polaroid UAST).

Umschlaggestaltung: Thea Sautter, Zürich

© 2021 Chronos Verlag, Zürich

ISBN 978-3-0340-1620-9

E-Book (PDF): DOI 10.33057/chronos.1620

Englische Ausgabe: ISBN 978-3-0340-1621-6

Inhalt

Anleitung zum Gebrauch	7
Umstrittene Zentralität (1972–1987)	13
Lufthoheit erringen	13
Planungskrise und Antragsflut	15
Reanimationsversuch	18
Politisch-organisatorische Gestaltbarkeit	23
Vielfalt der Maschinen	29
Sichtschutz für Nutzer	35
Erklärungen für die Öffentlichkeit	37
Prekäre Leistungsorientierung (1988–1996)	43
Simulation für alle	44
Kosten gerechneter Evidenz	48
Trügerische Sicherheit der Benchmarks	53
Autonomie durch regionale Kooperation	62
Stuttgarter Doppelbeschluss	68
Verbund als Rettung (1997–2005)	81
Machbarkeitsstudie für ein nationales HPC	83
Metacomputing als transatlantisches Experiment	90
Braucht die Universität ein HLRS?	97
Grid-Computing als Rettung für den Standort	103

Nutzer im Betrieb (2006–2016)	109
Take it easy	110
Mit Gauss nach Europa	114
Virtuelle Nutzer, Nutzer in der Virtualität	118
Wachstumsgrenzen	121

Eine Rekonfigurationsgeschichte	125
--	------------

6

Dank	127
Anmerkungen	129
Bibliografie	155
Abbildungsnachweis	165

Anleitung zum Gebrauch

Die Geschichte des Supercomputing in Stuttgart ist aufregend und vielfältig. Wer sie erzählen will, muss eigene Formen finden und starke Akzente setzen. Manche Darstellungen beginnen deshalb mit einer Urszene, die bis in die Gegenwart nachgewirkt haben soll – Urszenen bedienen die Hoffnung auf maximale Vereinfachung. Die Geschichte des Stuttgarter Supercomputing ist so verwickelt, dass man ihr gleich zwei verschiedene Urszenen verpasst hat.

In einer Urszene geht es um die Berufung des Luft- und Raumfahrtingenieurs John Argyris an die Universität Stuttgart im Jahr 1959.¹ Wer mit Argyris beginnt, verlegt den Take-off der gegenwärtigen Simulationskultur so weit wie möglich in die Vergangenheit. Argyris wollte mit numerischen Methoden an Problemen der Elastizitätstheorie arbeiten. Dafür setzte er einen Grossrechner von Ferranti mit dem klingenden Namen Pegasus ein und testete darauf verschiedene Lösungen. Aus dieser Urszene ergibt sich fast umstandslos eine Geschichte, die das Stuttgarter Spitzenrechnen als Wechselspiel von lokaler Methodenentwicklung und dem Einsatz der schnellsten und leistungsfähigsten Computer darstellt.

Die andere, nicht weniger mythische Urszene des Stuttgarter Supercomputing ist «die Wende in die Zukunft», die Lothar Späth mit der Beschaffung einer Cray-2 einleiten wollte.² Die Maschine wurde 1986 in Stuttgart installiert, war damals der schnellste Computer der Welt und der erste seiner Art in Europa. Die Stuttgarter Cray-2 war aber auch das Resultat eines vorbildlosen Beschaffungsverfahrens, das die komplexen Aushandlungsprozesse

zwischen Fördergremien aushebelte und die koordinierenden Instanzen im Land und beim Bund zu tatenlosen Zuschauern degradierte. Auf Lothar Späth beruft sich, wer die Entscheidungsmacht in Sachen Supercomputing einem mächtigen Ministerpräsidenten und einem mutigen Rektor zuweisen möchte.

Die vorliegende Studie offeriert einen technikhistorischen Zugang zur Geschichte des Supercomputing in Stuttgart. Sie ist an jenen Problemen und ihren Lösungen orientiert, die in Stuttgart seit einem halben Jahrhundert ein Rechnen an den Grenzen der Berechenbarkeit ermöglicht haben. Wir glauben, dass diese Geschichte nicht mit Urszenen erklärt werden kann. Dafür war die Entwicklung zu komplex und wies zu viele Brüche, Krisen, Neuanfänge und Überraschungen auf. Wir gehen davon aus, dass das Supercomputing in Stuttgart in kurzen Abständen immer wieder neu konfiguriert werden musste, damit es als Angebot für Wissenschaft und Industrie attraktiv bleiben konnte. Grundbausteine dieses Angebots waren der Betrieb, die Nutzerpolitik, die Finanzierung und die Wissenschaftspolitik. Sie mussten immer wieder am Rechenzentrum zusammengeführt werden. Was ein Rechenzentrum ist, ergibt sich aus dem Zusammenspiel von Maschinen, Netzwerken, Gebäuden, Personal und Usern, es ergibt sich aus der Konkurrenz und der Zusammenarbeit mit anderen Rechenzentren, aus den Interessen wissenschaftlicher Disziplinen, der Gestaltungsmacht von Förderagenturen, Hochschulleitungen oder der Industrie.

Wie beeinflussten wissenschaftspolitische Umbrüche das Supercomputing in Stuttgart? Wie veränderte der Übergang von Vektor- zu Multiprozessorsystemen die Stuttgarter Simulationskultur? Welche wissenschaftlichen Disziplinen übten Einfluss auf die Gestalt des Supercomputing aus? Welche Rolle spielte die Industrie in Stuttgart? Wie wurden die Nutzer an die Superrechner herangeführt, mit ihnen vertraut gemacht und dabei diszipli-



Abb. 1: Umkonfigurationsarbeiten:
selten zu sehen, aber immer notwendig.

niert? Auf diese Fragen wollen wir in unserer technikhistorischen Studie eingehen und dabei von den Problemen berichten, die im Spannungsfeld zwischen lokalem Betrieb und wissenschafts-politischen Konjunkturen des bundesdeutschen und europäischen Höchstleistungsrechnens zu lösen waren.

Wir teilen unsere Erzählung des Stuttgarter Supercomputing seit den 1970er-Jahren in vier Abschnitte ein. Für jeden Abschnitt

lassen sich besondere organisatorische, wissenschaftspolitische und technische Strategien ausmachen, mit denen Computer, Personal und Programme, Gebäude, Verbindungen und Nutzer, aber auch die institutionellen Gegebenheiten und die politischen Rahmenbedingungen in ein neues Verhältnis gebracht wurden. Die Geschichte des Supercomputing in Stuttgart ist, wie andernorts auch, eine Konfigurationsgeschichte mit vielen Wechselfällen.³

 In der ersten Konfiguration drehte sich vieles um die höchst umstrittene Zentralität des Angebots. Das Rechenzentrum der Universität Stuttgart wurde 1972 zu einem Regionalen Rechenzentrum der Universität Stuttgart (RUS) gemacht. Die schnellste Maschine vor Ort war eine CD 6600 der Firma Control Data. Der Auftrag des RUS bestand in der Versorgung der regionalen Universitäten mit Rechenkapazität. Dafür kämpfte das RUS bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) um eine Erweiterung seiner Gebäude- und Rechenkapazitäten. Dabei kam 1983, mehr zufällig als gewollt, eine Cray-1 im Rechenzentrum zu stehen – also ein in die Jahre gekommener Supercomputer der 1970er-Jahre.

Die zweite Konfiguration setzte demonstrativ auf die Leistungsorientierung des lokalen Supercomputing. 1986 wurde in Stuttgart mit viel Prominenz und politischer Eigenwilligkeit die erste Cray-2 auf dem europäischen Kontinent in Betrieb genommen. Die Anschaffung war spektakulär, der Betrieb schwierig und die bald schon notwendige Ersatzbeschaffung ein mehrjähriges Projekt. Supercomputing wurde mehr und mehr zu einer Leistungsschau, ja zu einem Indikator für die globale Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik. Erst als 1996 ein Bundes-Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS) gegründet wurde und dieses Zentrum den Auftrag erhielt, kalkulatorische Spitzenkapazität für die gesamte Bundesrepublik bereitzustellen, liessen sich die Stuttgarter Beschaffungsprobleme lösen. Finanziert wurde das HLRS über ein öffentlich-privates Firmenkon-

strukt, an dem auch die regionale Energie- und Automobilindustrie beteiligt war. Organisiert hatte man das HLRS als Betrieb, der für die Verteilung von Rechenleistung zuständig war.

Die dritte Konfiguration setzte sehr stark auf den Verbund heterogener Rechnerarchitekturen. Am HLRS hat man Ende der 1990er-Jahre nicht nur Vektorrechner mit massiv-parallelen Rechnern gekoppelt. Es bestand sogar die Absicht, Metacomputing für die ganze Welt anzubieten. In dem Moment, in dem die institutionelle Anbindung des lokalen Betriebs geklärt war, liess sich mit viel Kooperation, Konzept- und Gremienarbeit immerhin die Einbindung des deutschen Supercomputing in ein nationales Forschungsnetzwerk (D-GRID) klären. !!

In der vierten Konfiguration drehte sich vieles um die Nutzer des Supercomputing. Schulungsprogramme holten mehr Nutzer denn je ans Zentrum, Service-Level-Agreements definierten eine neue Beziehung zwischen User und Zentrum. Das HLRS erhielt 2006 im neuen Gebäude an der Nobelstrasse 19 auf dem Vaihinger Campus eine feste Adresse und wurde als Spezialist für Simulationen in der virtuellen Realität zu einem Baustein für die strukturelle Neuausrichtung der Universität Stuttgart. Gleichzeitig arbeitete man daran, die Innovations- und Investitionsspirale im High-Performance-Computing weiter nach Europa zu verlagern.

Umstrittene Zentralität (1972–1987)

Lufthoheit erringen

Rechenzentren müssen einen grossen Aufwand betreiben, um ihren Anspruch auf kalkulatorische Lufthoheit und Befehlsgewalt zu sichern. Deshalb ist in Universitätsdokumenten so viel die Rede davon, dass ein (neues, erweitertes, verlagertes oder anders organisiertes) Rechenzentrum gegründet worden sei. Das gilt für Rechenzentren, die eine fabrikmässige Datenverarbeitung anbieten wollten, ebenso wie für solche, die sich auf Spitzenleistungen oder «High-Performance-Computing» spezialisierten. Keine dieser Einrichtungen konnte mit einer Langzeitgarantie für ihre «Zentralität» rechnen, und alle mussten sie mit der Vielfalt ihrer Umwelt klarkommen.

Das Rechenzentrum der Universität Stuttgart hatte in den frühen 1970er-Jahren ziemlich viel Zentralität hergestellt. Damals waren Rechner in verschiedenen Instituten abgebaut und durch einen grossen Rechner an einem zentralen Ort ersetzt worden. Bei diesem Umzug wurde vieles angepasst und manches neu geplant. Etablierte Standorte wurden zu degradierten Aussenstellen mit bekanntem Verfallsdatum, Kernstücke der neuen Ausrüstung bekamen eine prominente Adresse, Personal wurde anders verteilt, bestehende Verbindungen gekappt, Umfahrungen eingerichtet und Abkürzungen angeboten. Auch das Organigramm war neu entworfen und die Zuständigkeiten neu bestimmt worden.

Man kann solche Umzüge als Gründung eines Rechenzentrums bezeichnen. Das hat man auch immer wieder getan – manch-

mal mit Blick auf die Zukunft, mitunter auch in der Retrospektive. So heisst es in einem Bericht der Universität Stuttgart über den «Einsatz der Rechenanlagen» von 1971, die Technische Hochschule habe bereits 1958 mit einer ZUSE Z22 den ersten deutschen Digitalrechner angeschafft und gleichzeitig «das hochschul-eigene Rechenzentrum gegründet».⁴ 1968 sei dann aufgrund der Einsicht, «dass eine grosse Maschine ökonomischer arbeitet als mehrere kleine zusammen», das «Regionale Rechenzentrum» gegründet worden, in dem «gemeinsam mit Control Data eine CD 6600» betrieben wurde.⁵ Das Zentrum wurde offenbar seit geraumer Zeit gegründet und war schon lange in Bewegung.

Wenn das Universitätspapier von 1971 bisherige Bewegungen und weit zurückliegende Gründungen von Rechenzentren erwähnt, dann holt der Text vermutlich Luft für weitere Zentralisierungs- und Gründungsakte. Folgerichtig heisst es bereits im Jahresbericht von 1972, das Jahr sei für das Rechenzentrum der Universität Stuttgart «ein Jahr des organisatorischen Neubeginns» gewesen. «Das frühere Universitätsrechenzentrum und das Regionale Rechenzentrum wurden [...] zum Rechenzentrum der Universität Stuttgart (RUS) vereinigt.»⁶

Diese Vereinigung von 1972 war keine Vereinfachung. Sie implizierte vielmehr gezielte Trennungen, zum Beispiel die Trennung in zwei Abteilungen. Abteilung A lag nun im Stadtzentrum, Abteilung B in Stuttgart-Vaihingen. Getrennt hatte man sich bei der Gelegenheit auch von der Control Data Corporation (CDC) als Mitbenutzerin der CD 6600. Für die Verwaltung der frei gewordenen Kapazitäten stellte man neues Personal ein und platzierte im Kollegiengebäude oder an der Holzgartenstrasse in den Fertigungsinstituten Terminals, mit denen sich die neuen Kapazitäten nutzen liessen. Die Terminals trennten die User von der Maschine und setzten sie vor informationstechnische Endstationen, manchmal mitten in der Stadt an ganz zentraler Lage.

Die steigende Nachfrage nach kalkulatorischer Kapazität in den zwei Teilzentren machte schon bald einen weiteren Ausbau des Rechenzentrums notwendig. Er fand «im Naturwissenschaftlichen Zentrum» in Stuttgart-Vaihingen statt, wo das Rechenzentrum Räume bezogen hatte. Dabei wurde die organisatorische, «historisch bedingte Zweiteilung» des Rechenzentrums 1975 bereits wieder aufgehoben. Die Abteilung B des Zentrums im Stuttgarter Vorort Vaihingen übernahm die Alleinherrschaft. Ihre CD 6600 wurde in diesem Ausbauprozess aus den Räumen des Instituts für Statik und Dynamik der Luftfahrt in die neuen Räume des Rechenzentrums verschoben. Dort wurde sie mit einer brandneuen CYBER 174 gekoppelt, die ebenfalls von CDC gebaut worden war. Das sei im Hinblick auf die «katastrophale Unterversorgung der Universität Stuttgart mit Rechenkapazität» längst «überfällig» gewesen, heisst es im Rechenschaftsbericht des Rektors. Endlich konnte ein «interaktiver Terminalbetrieb» und damit «der Dialogverkehr in der Datenfernverarbeitung» eingeführt werden. Fast euphorisch war von einer «benutzerfreundliche[n] Variante zu dem traditionellen Stapelverarbeitungsbetrieb» die Rede, die «insbesondere bei der Entwicklung und dem Austesten von Programmen zu beträchtlicher zeitlicher Ersparnis» führen sollte. Ein weiterer Ausbau des Maschinenparks durch eine zusätzliche CYBER 175 wurde in die Planung aufgenommen und 1977 bei der DFG beantragt.⁷

Planungskrise und Antragsflut

Das Zentrum blieb in Bewegung und gewann an operativer Bedeutung. Die Maschinen wurden schneller, die Programme ebenso wie die Nutzerinnen und Nutzer zahlreicher, und der Ausbau schien nur noch eine Frage der Zeit. Doch genau das sollte sich

als Täuschung erweisen. Ende der 1970er-Jahre fand man sich – nicht nur in Stuttgart – in einer veritablen Rechenzentrumskrise wieder.

Zunächst schienen die Erwartungen nur von der Bauplanung gedämpft zu werden. «Mit der Streichung des Neubaus Rechenzentrum, die auch im zurückliegenden Jahr nicht zurückgenommen wurde, wird die provisorische Unterbringung des Rechenzentrums in dafür nicht vorgesehenen Räumen zur Dauerkatastrophe», lautete der Notruf des Rechenzentrums.⁸ Aber auch die Gutachter der DFG, die den sorgfältig geplanten Stuttgarter Antrag auf Finanzierung einer CYBER 175 zu beurteilen hatten, signalisierten Vorbehalte gegen die Ausbaupläne. Die Experten waren offenbar nicht einmal vom steigenden Kapazitätsbedarf überzeugt.

15

Im Oktober 1977 reiste eine ziemlich konsternierte Stuttgarter Delegation nach Aachen zum Hauptgutachter der DFG, um sich über «besonders dünne» Stellen ihres Antrags informieren zu lassen. Die weithin bekannte CDC-Begeisterung des Aachener Kollegen änderte nichts daran, dass er – wie die anderen Gutachter auch – am Bedarfsnachweis zweifelte. Zudem sei die «Begründung für die Auswahl der CYBER 175» nicht überzeugend. Es müssten Alternativen ausgearbeitet werden – beim Grossrechner solle man sich auch eine Variante mit einer Nicht-CDC-Maschine sowie eine Lösung mit «Distributed Processing mit mittleren Rechnern» überlegen.⁹

Dieser Vorschlag stellte die enge Kopplung von Zentrumsentwicklung und Ausbau der bestehenden Rechneranlage infrage. Es war plötzlich riskant geworden, an den Ausbauplänen festzuhalten, die ja gerade auf eine langjährige Kontinuität im Hardwarekonzept gesetzt hatten.¹⁰ Stuttgart lieferte deshalb viele Grafiken zur Nachfrage- und Auslastungsentwicklung an die DFG – die Wahl des Herstellers war jedoch nicht verhandelbar,

weil jeder Wechsel das Konzept des Ausbaus im Kern torpediert hätte. Die Gutachter in Bonn blieben stur und lehnten die Beschaffung einer CYBER 175 von CDC, die die CD 6600 hätte entlasten sollen, 1978 definitiv ab.¹¹ Von den «hehren Zielen» der «EDV-Zukunftsplanung» sei nicht viel übrig geblieben, hielt der Direktor des Stuttgarter Rechenzentrums, Karl-Gottfried Reinsch, im Rückblick fest.¹²

Keiner wusste besser als Reinsch, was das für das Rechenzentrum bedeutete: Die benötigte Kapazität wurde nämlich dennoch beschafft, aber eben nicht nach den Plänen und Zielen des Rechenzentrums, sondern «nach benutzereigenen Zielen», wie Reinsch lapidar bemerkte. Die Nutzer deckten ihren Rechenzeitbedarf schlicht «durch die Beschaffung von Kleinrechnern im Rahmen ihrer Forschungsvorhaben» ab, seit 1978 sogar in auffällig steigendem Ausmass.¹³ Das verursachte hohe Kosten für Wartungsarbeiten und führte zu Überkapazitäten in den Instituten. Vor allem aber machte es jede zentrale Planung zur Makulatur.¹⁴ Von der «Konzentration von Rechenkapazität und Sachverstand» in Rechenzentren zu sprechen und die von «Grossrechenzentren» verkörperte «Organisationsform» als «wirtschaftliche EDV-Konzeption» anzupreisen, nützte herzlich wenig. Wenn «small is beautiful» nicht nur angesagt war, sondern sich auch finanzieren liess, war jeder Hinweis auf skalenökonomische Vorteile einer zentralen Bereitstellung von Rechenkapazität überflüssig.¹⁵ Selbst hartgesottene Insider wie der Herausgeber der Zeitschrift *Rechenzentrum* sprachen vom bevorstehenden «Tod des Rechenzentrums» und malten damit den Teufel an die Wand. Im «Zusammenhang mit Kleinrechnern und verteilter Verarbeitung» hatten die Leitungsgremien von Rechenzentren jedenfalls intensiv «über ein neues Selbstverständnis nachzudenken».¹⁶

Reanimationsversuch

Direktor Reinsch liess nichts unversucht, um vom Bund oder vom Land Mittel zu erhalten, die den Ersatz oder die Entlastung der alten Mainframemaschine und damit die Reanimation des Rechenzentrums ermöglicht hätten. Anträge wurden verbessert oder in zwei Teile geteilt, ihr Gegenstand verändert und das Verlangte mit zusätzlichen Argumenten, Tabellen, Zeichnungen, Berichten und Gutachten versehen.¹⁷ Anbieter wie IBM und Control Data GmbH wurden um vergleichbare Auskünfte über ihre Maschinen gebeten, beim Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching bestellte man einen Benchmark-Bericht über die dort betriebene Cray-1.¹⁸

Auch konzeptionell wurde auf Hochtouren gearbeitet, wie das *Integrierende Konzept zur künftigen Versorgung der Universität Stuttgart mit verteilter Rechenkapazität* vom 15. März 1979 zeigt.¹⁹ Um das Rechenzentrum auch «im Zeitalter des distributed processing» als zentrale Einrichtung betreiben zu können, musste es von seiner bisherigen Rolle als Datenfabrik Abstand nehmen und stattdessen neue Angebote – weit über den bisherigen Nutzerkreis in den Instituten hinaus – bereithalten.²⁰ Was aber könnte ein universitäres Rechenzentrum der Zukunft anderes anbieten, als die Programme seiner Nutzer effizient durch eine leistungsfähige Maschine zu jagen und die Resultate möglichst schnell wieder auszuliefern? Immerhin war für Reinsch klar, dass die Vielfalt neuer und zukunftsweisender Anwendungsgebiete auch die Nachfrage nach neuer Rechenkapazität bestimmte. «Entscheidet man sich für die Bearbeitung neuer, Zukunft sichernder, die Konkurrenzfähigkeit erhaltender Bereiche in der Energieforschung, der Luft- und Raumfahrt, der medizinischen Bildverarbeitung, der Chemie usw., dann erzeugt man damit automatisch einen Bedarf an Grösstrechnerkapazität», schrieb der Direktor des

Rechenzentrums in einer Stellungnahme zu Aspekten der Informationsverarbeitung in Baden-Württemberg unter dem an Schüler erinnernden Titel «Was heisst und zu welchem Ende betreibt man einen Grösstrechner». Das Wort «Universalgeschichte» durch das Wort «Grösstrechner» zu ersetzen, war der offensichtliche Spass an der Titelwahl, der Ersatz von «studieren» durch «betreiben» der raffinierte Teil. Denn der Betrieb implizierte die Beschaffung und diese beruhte auf dem Bedarf.²¹

Im Wesentlichen gab es drei Auswege aus der Krise, drei Handlungsfelder, auf denen sich neue Funktionen und Aufgaben des Rechenzentrums entwickeln liessen. Das Rechenzentrum der Zukunft könnte sich erstens und wie niemand sonst um die stabile Verknüpfung zwischen allen möglichen Rechnern der Universität kümmern.²² Zweitens war es auch denkbar, grosse Kunden und Investoren ausserhalb der Universität zu suchen. Und drittens konnte man ein exklusives Angebot selten benötigter Spitzenleistung an der Grenze der Berechenbarkeit machen.

Wie der Rechenschaftsbericht des Rektors für die Jahre 1978–1980 zeigt, war die Suche nach einer neuen Rolle des Rechenzentrums ein schwieriger Lernprozess und damit nicht Sache eines von der Universitätsleitung angeordneten Strategiewechsels. Das Rechenzentrum beklagte sich gegenüber der Universitätsleitung nach wie vor kräftig über seine Kapazitätsengpässe und gab der DFG die Schuld am gegenwärtigen Desaster. Reinsch wird gehofft haben, damit indirekt auch das Ministerium erreichen zu können. Es ist jedoch zu vermuten, dass er seine Klagen letztlich als Mitglied des Rechnerbenutzerausschusses im Prorektorat Forschung selber zur Kenntnis nehmen und ad acta legen musste.²³ Mitten im spürbaren Ärger über die uneinsichtigen Forschungsförderer des Bundes und die vielen zurückgewiesenen Anträge begann man in Stuttgart mit dem Nutzen der zukünftigen Rechenkapazität des Rechenzentrums für das Land Baden-Württemberg

zu argumentieren. Die Installation eines «wissenschaftlichen Grösstrechners» sei für das Land nun umso dringlicher, da die Stuttgarter Anträge abgelehnt worden seien.

20 War das nun eine Drohung – wenn unsere sorgfältige Planung schon über den Haufen geworfen wurde, dann wird es jetzt aber richtig teuer – oder war es die Ankündigung eines Strategiewechsels? Es war wohl beides zugleich und darüber hinaus auch noch das trotziges Festhalten am Modell des Rechenzentrums als Datenfabrik inklusive Kapazitätsproblem. Die «dringliche» Beschaffung eines Supercomputers wurde nämlich sofort wieder an die fehlende Mainframekapazität gebunden: «Tests haben ergeben, dass ca. 50 Prozent unserer Grossrechenkapazität vorteilhaft auf diesen Grösstrechner abgegeben werden könnten.»²⁴ Man war in Stuttgart also geneigt, einen Supercomputer anzuschaffen, um die Mainframemaschine zu entlasten.

Das war leichter gesagt, als getan. Erst der *Antrag für einen wissenschaftlichen Grösstrechner für das Land Baden-Württemberg* vom März 1980 verabschiedete sich, zumindest antragsrhetorisch, von der Mainframekultur. Sichtbar wurde das im prominent platzierten Hinweis auf den «förderungspolitischen Konsens», wie er in den *Empfehlungen der DFG zur Beschaffung von Datenverarbeitungsanlagen für die Hochschulen* von 1979 festgehalten worden war. In Stuttgart las und zitierte man das DFG-Papier als Entscheidung, auch in Zukunft «jene wissenschaftlichen Problemklassen zu behandeln, die auf herkömmlichen General Purpose Rechnern nicht oder nur unwirtschaftlich bearbeitet werden können». Darum sollten nicht mehr Mainframecomputer ausgebaut und ersetzt werden. Vielmehr müssten, so das im neuen Antrag fett gedruckte Zitat aus den DFG-Empfehlungen, in «Regionalrechenzentren Spezialrechner» installiert werden.

Da Stuttgart schon lange ein «Regionalrechenzentrum»²⁵ war, brauchte man eigentlich nur noch einen «Spezialrechner»,

um die Empfehlungen der DFG nachzukommen. Auf Wunsch könne man dafür auch konkrete Angebote vorlegen (etwa von Cray, Control Data oder Burroughs). «Mit Rücksicht auf die noch offene prozedurale Vorgehensweise im Lande» würden jedoch noch keine detaillierten Angebotsanalysen gemacht. «Offene prozedurale Vorgehensweise» – der sperrige Pleonasmus spricht Bände. Auf keinen Fall wollte man den Eindruck erwecken, in Stuttgart sei auch diesmal schon alles vorentschieden und festgezurrt worden. Ganz bescheiden delegierte man daher die Details für Hard- und Software und für die administrativen Richtlinien an die «übergeordneten Gremien».²⁶

21

Der erwähnte «förderungspolitische Konsens» betraf unglücklicherweise auch das Regionalprogramm, auf das man sich in Stuttgart so gut beziehen konnte. Es lief 1981 aus. Und die DFG zog sich aus der Förderung von Computeranlagen fast vollständig zurück, da Rechner mittlerweile als «Sicherstellung der Versorgung» und nicht mehr als direkte Unterstützung von Forschungsanliegen betrachtet wurden. Bundesgelder für den Bau von grossen Rechenanlagen waren in Zukunft nur noch über das Hochschulbauförderungsgesetz (HBFG) erhältlich.²⁷ Die Universität Stuttgart versuchte darum, über diese Förderlinie ein Rechenzentrumsgebäude mit Vektorrechner zu beschaffen.

Dass die Universität Karlsruhe ihren Antrag auf Beschaffung eines Vektorrechners noch im Rahmen des Datenverarbeitungsprogramms des Bundes gestellt hatte, war für Stuttgart nicht problematisch.²⁸ Zwar war Karlsruhe als benachbarte Universität eine Konkurrentin. Die HBFG-Schiene, die Stuttgart inzwischen verfolgte, hatte ihre eigenen Vorteile und schien die Konkurrenz zu mindern. In Bonn wird man sich über den süddeutschen Simultanangriff auf einen fast leeren und einen halb vollen Fördertopf des Bundes nicht prinzipiell gewundert haben. In der Spätphase

der kooperativen Wissenschaftspolitik der BRD stellte man ganz entspannt fest, dass sich hier offenbar auf dem Umweg über Bonn ein landesspezifischer Koordinationsbedarf manifestierte. Beide Gesuche wurden von der DFG ordnungsgemäss beurteilt und zurückgewiesen. Die Nachricht war deutlich: Bevor überhaupt etwas gekauft werden konnte, musste sich das Land über den tatsächlichen Bedarf unterhalten.

Der Landesrektorenkonferenz Baden-Württemberg blieb nichts anderes übrig, als einen Arbeitskreis einzurichten, der den Konflikt um knappe Ressourcen auf kontrollierbarem Niveau halten und einen vertretbaren Konsens ausarbeiten sollte, der dann wieder «dem Bund» vorgelegt werden konnte.²⁹

Konsens herzustellen, ist mit Arbeit verbunden und braucht viel Zeit. Die Vorsitzenden aller Senatsausschüsse, die sich in den baden-württembergischen Universitäten um Rechenzentren zu kümmern hatten, und alle Direktoren, die diese Rechenzentren leiteten, mussten sich zusammensetzen und «Empfehlungen für die Auswahl eines Vektorrechners, die Betriebsmodalitäten und natürlich den Standort machen».³⁰

Die erarbeiteten Empfehlungen betrafen alle drei erwähnten Auswege aus der Krise des Rechenzentrums gleichermassen – die Erweiterung des Kundenkreises, die Behandlung kommunikationstechnischer Probleme und die Spezialisierung des Rechnerbetriebs. Karlsruhe und Stuttgart mussten in ihren Anträgen auf einen Vektorrechner die Beschaffungskosten je auf die Hälfte reduzieren. Die dadurch entstandene Finanzierungslücke kompensierten beide Universitäten durch die Erweiterung des Kundenkreises für Vektorrechner, inklusive Abnehmer jenseits der Universität. Die Industrie beteiligte sich an den Investitionskosten, die Universitäten sicherten den Betrieb und die Rechenzentren stellten die notwendigen Verbindungen her, auch zu den beantragten Spezialrechnern.³¹

Das Rechenzentrum der Universität Stuttgart emanzipierte sich damit nach langen Jahren vom Mainframecomputing. Der Einstieg in den kleinen Club der Supercomputerbesitzer war trotz der Verknappung der bundesrepublikanischen Subventionen gerade noch geschafft – mit einem Vektorrechner, der als Auslaufmodell von der Firma Cray besonders günstig erworben wurde.³²

Politisch-organisatorische Gestaltbarkeit

Im Herbst 1983 wurde die Cray-1 in den Räumen der alten Zentralküche der Universität in Vaihingen aufgestellt.³³ Für die theoretische Chemie mit ihrem Slogan «Rechnen statt kochen!» stimmte mit anderen Worten sogar die Adresse des neuen Supercomputers. Feurigen Geist und gute Fahrt verhiess die Maschine aber auch den wissenschaftspolitischen Akteuren in Baden-Württemberg. Im Juni 1985 hatte der Ministerpräsident des Landes auf einer USA-Reise in Begleitung des Rektors der Universität in Minneapolis kurzerhand eine Cray-2 bestellt – ohne Hochschulrabatt, ohne parlamentarischen Kredit und ohne vorherigen Leistungsnachweis. Die Finanzierung würde sich dann schon regeln lassen. Stuttgart hatte sich jetzt einfach die erste Cray-2 in Europa gesichert, das Feinste vom Feinen, eine Maschine, die natürlich nochmals viel schneller würde rechnen können und mit einem besonders grossen Memory aufwartete.

Noch bevor diese grossartige Maschine ausgeliefert und in Betrieb genommen war, veränderte sie den Erwartungshorizont, in welchem sich das Rechenzentrum der Universität Stuttgart bewegte. Das RUS begann sich vom bundesrepublikanischen Koordinationsrahmen zu emanzipieren und kreierte einen neuen Modus Operandi. Statt auf die geschickte Verwirklichung und Kombination bestehender Pläne zu setzen, statt die Koordinati-

onsleistungen zwischen Bund und Ländern als Voraussetzung eigenen Handelns zu betrachten, begann man in Stuttgart ein eigenes Agendasetting. Lothar Späth sprach von der «Wende in die Zukunft», betonte die Gestaltbarkeit der Verhältnisse und betrieb eine neuartige Kombination von Wissenschafts- und Wirtschaftspolitik – die «Bonner Wende» fand in Baden-Württemberg eine besonders aufmerksame Echokammer.³⁴

24 An der Universität wollte man mit Blick auf die neue Leistungsklasse der Maschine und die neue Wettbewerbsorientierung der Politik gerne einige schwierige Fragen bis zur Auslieferung der Cray-2 prüfen.³⁵ Dabei zeichnete sich eine neue Beweglichkeit ab: Die Verhältnisse wurden auch hier unter dem Aspekt ihrer Gestaltbarkeit diskutiert. Ein Expertenseminar zu den drei Themen Anwendung, Finanzierung und Organisation eines Höchstleistungsrechners verdeutlichte «die zum Teil weit auseinanderliegenden Standpunkte» der Experten und bestätigte «die Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit dem Thema». Administratoren und Finanzexperten müssten begreifen lernen, wofür Höchstleistungsrechner dienten, und «aus eigener Überzeugung und mit Phantasie neue Finanzierungswege und Organisationsformen für die Beschaffung und den «Vertrieb» sich einfallen lassen», hielt Jürgen Blum, der Kanzler der Universität Stuttgart, im Vorwort zum Bericht über das Expertenseminar fest.³⁶

Das Programm des Seminars folgte einem eleganten Bogen. Die ersten drei Sprecher kamen vom Rechenzentrum in Stuttgart, aus der Grossforschungsanstalt Jülich und von der Adam Opel AG in Rüsselsheim. Danach hörte man Beiträge aus dem Konrad-Zuse-Zentrum in Berlin, dem Institut für Betriebswirtschaft in Erlangen und schliesslich ausführlich nochmals den Kanzler der Universität Stuttgart. Damit gelang es, eine sehr umfassende Beschreibung von gegenwärtigen Problemlagen zusammenzu-

bringen. Wer das Seminar verstand, wusste auch, womit sich ein Höchstleistungsrechenzentrum beschäftigen musste.

Der neue wissenschaftliche Direktor des Rechenzentrums in Stuttgart, Roland Rühle, machte den Auftakt und versicherte, dass es für einen Vektorrechner an der Universität tatsächlich viele denkbare Anwendungen gab. Sie seien sogar «überaus vielfältig», denn alles, was in den Problembereichen hohe Dimensionalität, Komplexität, schlechte Konditionierung und Nichtlinearität lag, komme dafür infrage – von der nichtlinearen strukturmechanischen Analyse über Fluidmechanik, Reaktionskinetik, Kerntechnik und Plasmaphysik bis hin zu Molekülstrukturen und Bindungsenergien. Zu entwickeln seien dafür jedoch erst einmal effiziente numerische Verfahren, und man benötige eine Softwareintegration unterschiedlicher Rechner mit unterschiedlichen Betriebssystemen und Compilern. Zudem standen einheitliche Benutzerschnittstellen, ein Datenbanksystem, geeignete Grafikgeräte, ein leistungsfähiges Rechnernetz und gut ausgebildete Nutzer auf Rühles Wunschliste. Denn der Betrieb eines Höchstleistungsrechners erfordere «die Synthese von Kenntnissen aus den Bereichen Anwendungen, Informatik, Numerik und Rechner».³⁷

Nach Rühles grossem Panorama sprach Rolf Theenhaus von der Kernforschungsanlage in Jülich über Höchstleistungsrechnen an Grossforschungseinrichtungen. In Jülich musste man nicht mehr begründen, wozu man einen Vektorrechner betrieb. Hier waren experimentelle Anlage und die Auswertungsmaschinerie bereits bestens aufeinander bezogen. Darum konnte es sich Theenhaus leisten, nicht Probleme zu erklären, sondern Verhältnisse zu beschreiben, und hob zunächst im Allgemeinen die Bedeutung der dreizehn Grossforschungseinrichtungen in der Bundesrepublik hervor, präsentierte danach die KFA Jülich im Besonderen, um anschliessend ganz grundsätzlich zu erklären, dass Vektorrechner

die sequenzielle Architektur der Von-Neumann-Universalrechner ablösen. Kaum ging es danach um Anwendungen des Vektorrechners in Jülich, passierte das, was zu befürchten gewesen war: Der Referent verlor seine Zuhörer, weil er beim ersten Beispiel auf das den wenigsten bekannte Czochralski-Verfahren in der Kristallzucht zu sprechen kam. Theenhaus' zweites Beispiel, «Oberflächenphänomene», dürfte die Aufmerksamkeit des Seminars für kurze Zeit wieder geweckt haben, allerdings nur so lange, bis der folgende Doppelsatz fiel: «Eine geeignete Methode zur Berechnung der Grundzustandsenergie eines derartigen Systems stellt der Dichtefunktional-Formalismus (Hohenberg, Kohn, Sham) dar; dabei wird die ursprüngliche Vielteilchen-Schrödinger-Gleichung auf eine Einteilchen-Schrödinger-Gleichung zurückgeführt, für die ein selbstkonsistentes Potenzial durch Lösung der Poisson-Gleichung bestimmt werden muss.»³⁸

Dass ein Supercomputer wider Erwarten auch in der Praxis, etwa in der Automobilentwicklung der Adam Opel AG, eine wichtige Rolle spielen konnte, bestätigte danach Werner Martin, der «Director Engineering and Manufacturing Systems Planning» von Electronic Data Systems Europe. Die Herstellung eines allen sehr vertrauten industriellen Produkts setzte auf rechnergestützte Logistik und rechnergestützten Betrieb. Gleichzeitig brauchte man zur Entwicklung eines Automobils für den Massenmarkt höchst aufwändige Strömungsberechnungen und Simulationen, zum Beispiel bei Crashtests. Opel hatte sowohl herkömmliche kalkulatorische Probleme als auch Aufgaben im High-Performance-Computing-Bereich zu lösen und setzte dafür zwei verschiedene Maschinentypen ein, die miteinander interagierten. Für das RUS war das eine vertraute Situation, seit die Cray-1 mit Vorrechnern verbunden worden war und die alte CD 6600, man wagte es kaum zu sagen, immer noch in Betrieb stand. Opel setzte auf ausrüstungstechnische Heterogenität, weil die Aufgaben, die man in der

Automobilindustrie lösen wollte, besonders heterogen strukturiert waren. Damit vermochte Werner Martin aber nicht nur die Zuhörer aus dem RUS und der Universitätsverwaltung, sondern auch die beiden nächsten Redner anzusprechen, die sich mit Fragen der *Organisation und Finanzierung des Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik Berlin* (Peter E. Schuhe) und mit der *Kostenverteilung für Investitionen und Betrieb von Höchstleistungsrechnern im Rahmen einer Kooperation von Industrie, Grossforschungseinrichtungen und Universitäten* beschäftigten (Wolfgang Männel).³⁹

Der betriebswirtschaftliche Beitrag erfüllte die Erwartungen des Kanzlers wohl besonders gut. Wolfgang Männel erklärte nämlich, dass die Anschaffung von Höchstleistungsrechnern für die Universität sehr günstige «Kosten-Leistungs-Relationen» bedeute, weil «das Ausmass ihrer Kapazität zu einer ins Gewicht fallenden Kostendegression» führe. Dieser Vorteil kam jedoch angesichts der hohen Fixkosten nur dann zum Tragen, wenn die einen Höchstleistungsrechner betreibende Universität mit anderen Universitäten oder mit Grossforschungseinrichtungen kooperierte und damit Voraussetzungen dafür schaffte, «dass der Nutzerkreis insgesamt eine gute Auslastung der grossen Rechnerkapazität erreicht[e]». Das leuchtete unmittelbar ein, zwang Stuttgart aber zum Umdenken: Erstens musste man sich an den Gedanken gewöhnen, dass das RUS in Zukunft eher das Problem der Überkapazität und nicht mehr das der Kapazitätsengpässe behandeln musste, und zweitens brachte die «Nutzer-Kooperation», so Wolfgang Männel, «zwangsläufig die Frage nach der Art der Kostenverteilung» mit sich. Und diese Kostenverteilung machte eine Kostentransparenz erforderlich. «Die exakte Definition, Abgrenzung, Erfassung und Dokumentation sämtlicher Kosten, die durch das Bereithalten und Nutzen von Höchstleistungsrechnern verursacht werden, ist keineswegs ein triviales Problem», behauptete Männel und scheute sich nicht,

den ausführlichen Beweis für seine Behauptung anzutreten. Das war, wohl zur Überraschung der Anwesenden, alles andere als ein definitorisches Exerzitium, sondern eine wohlbegründete Diskussion von Vor- und Nachteilen unterschiedlicher Berechnungsformen. Sollte der Verrechnungspreis über eine Vollkosten- oder über eine Grenzkostenrechnung ermittelt werden? Könnte man sich auch an einem Knappheitspreis orientieren oder gab es so etwas wie einen Marktpreis? Das waren Fragen, deren Beantwortung betriebswirtschaftliche Konsequenzen hatte, die letztlich aber nur durch eine Klärung der gewünschten Forschungs-, Kapazitäts- und Kooperationspolitik entschieden werden konnten.

All das war ein Steilpass für die Universitätsleitung in Gestalt des Kanzlers, der das letzte Referat hielt. Als Jurist und bald auch promovierter Verwaltungswissenschaftler war Blum an grundsätzlichen Fragen der universitären Gouvernance interessiert – das Rechenzentrum war ein besonders spannender Fall, weil er die herkömmliche, ausgabenorientierte Kameralistik aufgrund der grossen Investitionsvolumina überforderte. Wie konnte man eine Investition von 80 Millionen D-Mark, an der staatliche und private Parteien beteiligt waren, in einem universitären Haushalt unterbringen, der nach dem Prinzip der jährlichen Mittelzuteilung und der Kontrolle anhand der laufenden Ausgaben funktionierte? Und wie liess sich diese Investition legitimieren, wenn sie *ahead of demand* erfolgte, Rechenkapazität also in einem sehr heterogenen Nutzerfeld anpreisen und unterbringen musste? Blum hoffte auf ein Anreiz- und Kontrollsystem mit selbstregulierender Wirkung, und er sah die Notwendigkeit der Nutzerorientierung – die allerdings die Entscheidungsmacht des Zentrums infrage stellen konnte. Trotzdem müsse man jetzt an verschiedenen Stellen Experimente mit Organisationsmodellen wagen, die sich möglicherweise nahe

am «inneren Rand der Legalität» bewegten. Die Politik, das war Blum klar, forderte Wettbewerb. Ein leistungsfähiges Organisationsmodell würde mit Sicherheit honoriert, ein schwaches dagegen zum Verschwinden gebracht. Wäre eine Betriebsgesellschaft oder eine Vertriebsgesellschaft geeignet, um zwischen «eigenverantwortlicher Ressourcenverwendung» und langwierigen Investitionsprozessen zu vermitteln?

Noch waren das alles nur unkonventionelle Fragen. Sie deuteten aber eine Verschiebung in der strategischen Aufmerksamkeit des RUS und der Universitätsleitung an. In Zukunft wollte man nicht mehr alles nach den Regeln der DFG, des Landes und des Bundes ausrichten und die Anträge nicht mehr in dieses Spannungsfeld einpflegen. Wenn es neue Regeln brauchte, dann wollte man die lokale Umsetzung mitgestalten. Schliesslich hatte sich inzwischen ja auch die Bedeutung der universitären Rechenzentren verändert, sogar was ihre Zentralität betraf. «Die Installation von Gross- und Grösstrechnern in einem zentralen Universitätsrechenzentrum», so Kanzler Blum, «bedeutet nicht die Zentralisierung von Datenverarbeitungskapazitäten. Neben den zentral betriebenen Gross- und Grösstrechnern gibt es dezentral leistungsstarke Institutsrechner in zunehmender Zahl, die untereinander und mit den Rechnern des Rechenzentrums vernetzt sind und damit auch Zugang zu den nationalen und internationalen Rechnernetzen haben.»⁴⁰

Vielfalt der Maschinen

Um die Leistung von Spitzenrechnern nutzen zu können, muss man diese Rechner radikal entlasten.⁴¹ Eine Cray-2 diene «nur zur Produktion von Rechenleistung», hielt das RUS in einer Broschüre über den neuen Superrechner fest. «Alle anderen Dienste

wie Fileserver mit Archivierung, Dialogserver, Graphikserver, Druckserver und Netzserver müssen von Vorrechnern erbracht werden.»⁴² Die Cray-2 würde also in Stuttgart mit einer stattlichen Zahl weiterer Maschinen im Rechenzentrum selber und in den universitären Instituten interagieren müssen. Dass Rechenzentren ein heterogenes Maschinenensemble betrieben, war nichts Besonderes und meistens nicht der Rede wert. Rechenzentren erwähnten in der Regel bloss die ganz neuen Anlagen beziehungsweise die besonders starken Maschinen, wenn sie sich selbst beschrieben. Was schon lange da war, was bloss den Input vorbereitete oder lediglich den Output auswertete, musste ohne besondere Auszeichnung schlicht den vorgesehenen Dienst leisten. Das Besondere am Rechenzentrum der Universität Stuttgart, das die Cray-2 im Herbst 1986 installierte, war nicht die Heterogenität der bereits vorhandenen Maschinen. Neu war der Umstand, dass diese Vielfalt zu einem Teil der öffentlichen Selbstdarstellung des RUS gemacht wurde.

Der Maschinenpark des Rechenzentrums war selbst in der sorgfältigen grafischen Gestaltung von 1986 einigermaßen unübersichtlich (Abb. 2). Die vielen Kästchen, die mit Maschinenamen und Maschinentypen angeschrieben wurden, liessen sich ohne Begleittext kaum verstehen. Das lag nicht daran, dass eine Bezeichnung wie «IBM 3083 J16» höchstens für Spezialisten aussagekräftig war. Die darstellerischen und interpretatorischen Schwierigkeiten ergaben sich vielmehr aus dem Umstand, dass sich den einzelnen Maschinen nicht eine einzige Funktion zuweisen liess – «in Stuttgart werden derzeit als Vorrechner eine CYBER 835, eine IBM 3083 und eine VAX 11/780 verwendet». Im Moment übernehme ein Vorrechner gleich mehrere Funktionen, obwohl man durchaus sagen könne, dass «die Dialog- und Fileserverfunktionen stark auf die IBM verlagert» würden und «die Netzserverfunktionen die VAX übernehme». Von der VAX aber

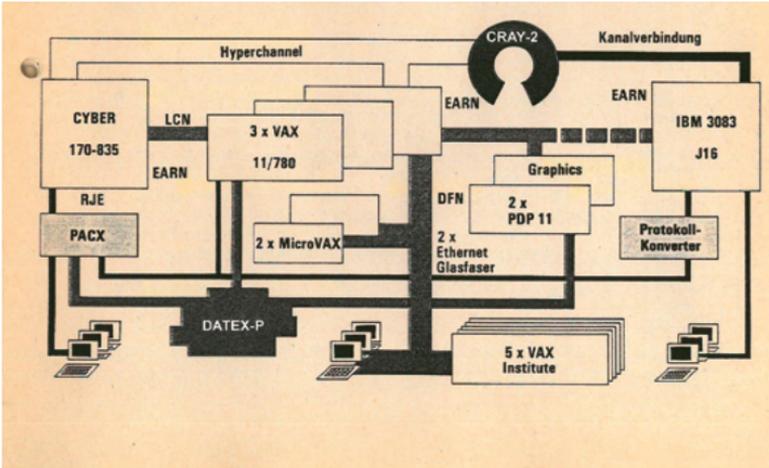


Abb. 2: Ordnung und Vielfalt der Maschinen im Rechenzentrum 1986.

gab es gleich drei Ausgaben. Dazu kamen zwei MicroVAX-Maschinen und nicht weniger als fünf weitere VAX, die in den Instituten standen, während die deutlich älteren 2 PDP 11 offenbar eng an die sehr zeitgemässe Grafikberechnung gekoppelt wurden.⁴³

Das Schema war also gleichzeitig Plan, Programm, Inventar und Konzept. Es liess sich als Übersicht, als Funktionsschema, als Vergangenheitsbewältigung und als Erwartungshorizont mit programmatischem Begleittext deuten. Es habe sich schon bei der Cray-1 bewährt, mehrere Funktionen einem Vorrechner zuzuweisen.⁴⁴ Das Vorgehen wolle man darum «unter Ausbau einiger Komponenten auch bei der CRAY-2 beibehalten», lautete der Kommentar zur Funktionsvielfalt der Maschinen. Computer, die demnächst ersetzt werden sollten, waren im Schema gar nicht mehr eingezeichnet, während andere vorkamen, die noch gar nicht installiert waren. So wurde das Hufeisen am oberen Rand des Schemas bereits mit Cray-2 beschriftet, obwohl die grafisch abwesende Cray-1 dann doch noch viele Monate lang rechnen

musste. Die Cray-2 wollte einfach nicht das liefern, was man sich von ihr schon bei der Bestellung versprochen hatte.

Der grafisch erzeugte Ordnungsüberschuss, die funktionale und organisatorische Kompression des Schemas, wie sie auch in der Staffelung der Arbeitsplatzrechner und Terminals zum Ausdruck kam, schuf Raum, um die Maschinenvielfalt mit einer beeindruckenden Netzvielfalt zu koppeln. «Für einen Höchstleistungsrechner ist die Einbettung in ein Rechnernetz von entscheidender Wichtigkeit.» Und tatsächlich liess die Broschüre kaum eines der um die Mitte der 1980er-Jahre bekannten Netzwerkprotokolle und keine Kabelsorte unerwähnt. Denn sie waren ja die Voraussetzungen für «Simulation und interaktive Anwendungen am Arbeitsplatz». Richtig gut funktionierte das alles auf dem Campus in Vaihingen dank der «Glasfaser-ETHERNET»-Verbindung «mit der Vorrechner-VAX der CRAY». Mit VAX-Maschinen und DECnet erreichte man die Terminal- und Grafikarbeitsplätze und verband sie mit allen anderen Arbeitsplätzen und «der CRAY». Um welche Cray es sich handelte, wurde nicht erwähnt, denn jetzt war die Broschüre bereits wieder bei den generellen Zukunftsplänen angelangt: Es sei geplant, auch einfachere Arbeitsplatzrechner und PCs im Netz einzusetzen.

Problematisch nannte die Broschüre allerdings den Zugang zum Supercomputer «von ausserhalb des Campusbereiches». Die Optionenvielfalt war zwar gross – Wählleitungen, Standleitungen, das IBM-Forschungsnetz EARN und das Deutsche Forschungsnetz (DFN) über Datex-P. Doch all diese Netze lieferten nur leistungsschwache und teure Notlösungen. So gut wie auf dem vom RUS bedienten Campus in Stuttgart-Vaihingen lief die Superrechneranbindung in der Regel nicht. Das RUS zögerte nicht, diese Aufgabe an ein 1986 beginnendes ISDN-Pilotprojekt der Deutschen Bundespost in Stuttgart zu delegieren, in dessen Rahmen auch die Universität «ihre Anschlüsse zur Erprobung

von Rechner-Rechner-Kopplungen, insbesondere den Anschluss von Arbeitsplatzrechnern an die CRAY» erproben wollte. Die Landesregierung Baden-Württemberg sehe vor, «in Zusammenarbeit mit der Bundespost Glasfaserverbindungen vorrangig für Wirtschaft und Forschung zur Verfügung zu stellen», und zwar so, wie dies bereits im Universitätsbereich Vaihingen möglich war.

Mit dieser Darstellung demonstrierte das Rechenzentrum seine Kompetenz im Umgang mit apparativer und prozeduraler Ressourcenvielfalt. Die Maschinenlandschaft wurde nicht als unübersichtliches, historisch entstandenes Kuriositätenkabinett präsentiert, sondern als mächtiges Instrument für die Behandlung von komplexen Kapazitätsproblemen. Es sicherte die Leistungsfähigkeit des Supercomputers durch ein Arsenal von Vorrechnern, Datenservern und Spezialrechnern für die Darstellung von Resultaten und hielt unzählige Schnittstellen bereit, um eigene und externe Rechner «mit der Cray» zu verbinden.

Diese Maschinen- und Netzvielfalt ermöglichte es der heterogenen Nutzergemeinde, mit einer Fülle höchst unterschiedlicher Anwendungen umzugehen. Das Rechenzentrum der Universität Stuttgart war nicht mehr nur ein Ort der Zentralisierung von Ressourcen mit homogenen Betriebsregeln, sondern ein apparatives Gefüge, das mit der Heterogenität seiner Ressourcen rechnete. Es baute Brücken zwischen diesen Ressourcen und lernte, mit der thematischen und disziplinären Vielfalt der Aufgaben seiner Nutzer umgehen zu können (Abb. 3). Das Rechenzentrum war also ein Zentrum, weil es seine Integrationsleistung mit der Vielfalt seiner Maschinen und Netzwerke erbrachte.⁴⁵

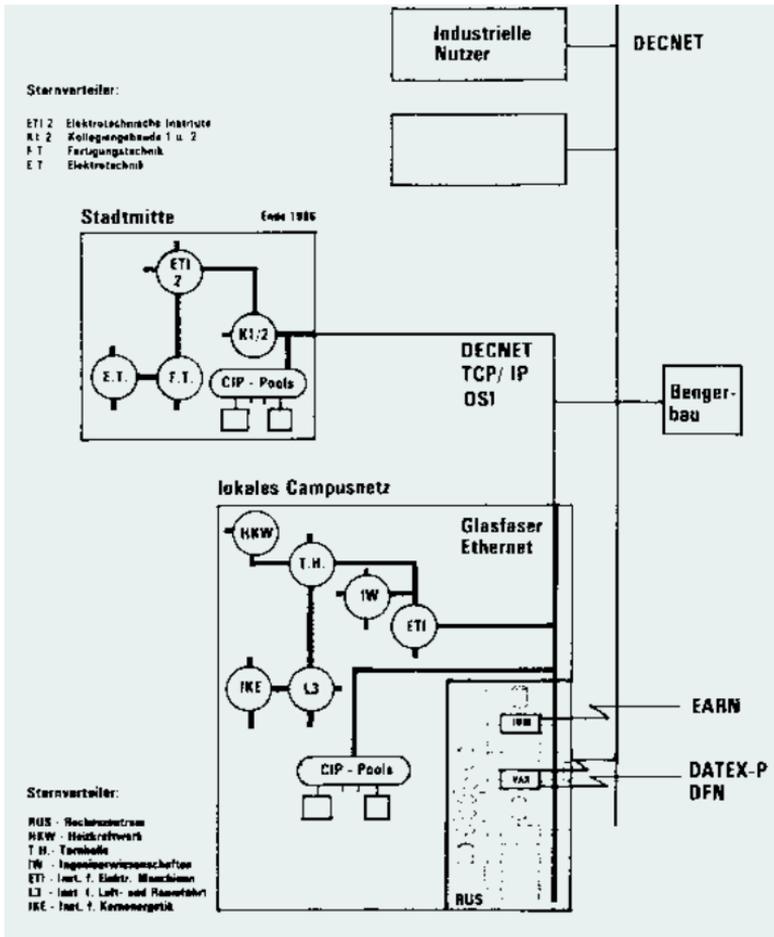


Abb. 3: Die Integrationsleistung des Rechenzentrums 1987: viele Protokolle, klare Zonen, starke Maschinen.

Sichtschutz für Nutzer

Die organisatorische Gestaltbarkeit, die betriebliche Optionenvielfalt und die hoch vernetzte apparative Heterogenität eines «Rechenzentrums mit Supercomputer» liessen sich durch «Fantasie» am «inneren Rand der Legalität» (so Kanzler Blum) oder durch demonstratives Bekenntnis zur Ressourcenvielfalt (so die beiden Direktoren Reinsch und Rühle) abfedern. Aus der Sicht der Betreiber stellten sich jedenfalls um 1985 viele Probleme des Rechenzentrums als prinzipiell lösbare Herausforderungen dar. Im Rechenzentrum wusste man beispielsweise, was es bei der kooperierenden Verteilung der Rechenkapazität zu beachten galt oder wie tragfähige Abrechnungsmodalitäten aussehen müssten.

Schwieriger war es, die Komplexität des Maschinen- und Verbindungsclusters aus Sicht der Nutzer in den Griff zu kriegen. Das Rechenzentrum musste versuchen, die Differenzen von Programmen, Daten, Netzen, Maschinen, Aufgaben, Auswertungen und Disziplinen so zum Verschwinden zu bringen, dass die Nutzer über einen brauchbaren Sichtschutz gegenüber der sie nur belastenden Heterogenität des real existierenden Rechenzentrums verfügten. Über den technischen Abgrund zwischen einer IBM-Maschine und einem Vektorrechner von Cray gelangte man als Nutzer besser, wenn man ihn nicht zur Kenntnis nehmen musste oder gar nicht sah.

Wenn High-Performance-Computing sogar von den Arbeitsplatzrechnern in den Instituten aus betrieben werden sollte, war das ohne zusätzliche Navigationshilfe kaum mehr zu verkraften. «Verteiltes Rechnen in heterogenen Rechnernetzen mit Nutzung von Workstations, Hochleistungsrechnern, Grafikgeräten und Laserdruckern erfordert vom Benutzer häufig die Kenntnis mehrerer Betriebssysteme und Transportwege», hielten Isabel Loebich, Lothar Ehnis, Ulrich Lang und Roland Rühle Ende 1987 in einem

Projektbericht fest. Ihr Papier über «Software zur Unterstützung verteilter Anwendungen in heterogenen Rechnernetzen» zeigte einen Weg auf, wie das Rechenzentrum zwischen Protokollen, Sprachen, Programmen und Systemen vermitteln konnte und wie «diese Heterogenität vom Benutzer fernzuhalten» war.⁴⁶

36

Das Problem war dem wissenschaftlichen Direktor des Rechenzentrums schon lange vertraut. Bereits in den 1970er-Jahren hatte Roland Rühle an einem Werkzeug gearbeitet, mit dem «Wissen in Form von Algorithmen und Daten jederzeit abrufbar» gelagert werden konnte und «die Vielzahl der möglichen Schnittstellen durch Abstraktion auf gemeinsame invariante Elemente zu reduzieren» wären. Es war das Programmsystem RSYST (Reaktorsystem), mit dem man bereits in der Hochzeit der Mainframekultur und ganz im Dienst der Reaktorsicherheit «neben dem vordergründigen Ziel der Integration von Programmen und Daten» eine Brücke schuf, um die «Integration der Methoden verschiedener Fachdisziplinen» zu ermöglichen.⁴⁷ Die Maschinen, Programme und Netzwerke, wie sie am RUS Mitte der 1980er-Jahre im weiten Feld zwischen Supercomputer und Arbeitsplatzrechner anzutreffen waren, machten RSYST zu einem immer noch attraktiven Instrument zur Behandlung der computertechnischen Heterogenität. Das RUS zögerte keinen Moment, sein bewährtes Navigationsinstrument den neueren Entwicklungen anzupassen und es zum Beispiel in die protokollarischen Voraussetzungen des Deutschen Forschungsnetzes (DFN) zu integrieren. «DFN-RSYST» stellte «dem Anwender eine einheitliche Sicht des Netzes zur Verfügung». Es erlaubte «die beliebige Verteilung von Pre- und Postprocessing, rechenintensiven Aufgaben und – insbesondere grafischen – Auswertungen im Netz», indem es «Mechanismen zur Auslagerung von Berechnungen, zum Transfer von Daten und zum Zugriff auf Daten übers Netz» offerierte.⁴⁸

Erklärungen für die Öffentlichkeit

Mitte der 1980er-Jahre hatte das Rechenzentrum der Universität Stuttgart einen tief greifenden Wandel erfahren. Neue Maschinen wurden angeschafft, alten Rechnern neue Aufgaben zugewiesen, die Institute im Modus des verteilten Rechnens in den Zentrumsbetrieb integriert und die Prozeduren einer mainframegestützten Datenfabrik in ein angebotsorientiertes Kompetenzzentrum verlagert, das die Lufthoheit über ein sehr heterogenes Ensemble von Anwendungen, Schnittstellen, Programmen und Maschinen besass.

Dieser Wandel zwang die betriebliche und wissenschaftliche Leitung des Zentrums zu einer kommunikativen Parforceleistung. Denn das Rechenzentrum war kein selbsterklärender Maschinenpark, und es war – auch dank der Intervention des Ministerpräsidenten – zu einer erstaunlich öffentlichen und politischen Angelegenheit geworden.

Im März 1987 wurde das in einem ausführlichen Artikel der *Computer Zeitung* offenkundig. Seit der ersten CeBIT von 1970 hatte das Blatt eine breite informationstechnische Leserschaft wöchentlich mit gut recherchierten und kritischen Beiträgen versorgt. Diesmal traf es Stuttgart. Der Autor des Artikels, Ludger Schmitz, hielt schon im Titel präzise fest, worum es ging: «Das Rechenzentrum der Universität Stuttgart hat eine Cray 2. Und seither gibt es Ärger.»⁴⁹

Der Angriff der *Computer Zeitung* erfolgte auf mehreren Ebenen. Er zielte zunächst auf die landesherrliche Beschaffungsjagd. Deren Begründung hielt die *Computer Zeitung* für «etwas irreführend», trotz des unerwarteten Glücks mit dem sinkenden Dollarkurs. Der in der Bundesrepublik vorgeschriebene «Behördenweg» sei ignoriert worden, als Lothar Späth den Computer kaufte, weshalb die DFG den Wissenschaftsrat mit einer Exper-

tise beauftragt habe. «Und die enthielt vernichtende Kritik.» Es habe keine Testläufe gegeben und man habe vergessen, einen Hochschulrabatt auszuhandeln. «Stattdessen richtete Späth sein Augenmerk darauf, durch Privilegierung der Universität Stuttgart anderen bundesdeutschen Universitäten und Forschungsinstituten den Schneid abzukaufen.» Der Vertrag, so die *Computer Zeitung* mit Berufung auf den Wissenschaftsrat, enthalte eine Klausel, nach der Cray ein Jahr lang keinen Rechner dieses Typs an eine andere deutsche Universität ausliefern dürfe.⁵⁰ Damit werde «Forschung behindert», in Stuttgart «künstlich Rechnerbedarf erzielt» und «der wissenschaftliche Wettbewerb» verzerrt.⁵¹

38

Die Vorwürfe in der *Computer Zeitung* richteten sich aber nicht nur gegen Lothar Späth (Abb. 4). Man wusste zum Beispiel auch von den grossen Schwierigkeiten, die Cray-2 überhaupt in Betrieb zu nehmen.⁵² Es war in der Community kein Geheimnis, dass der Abnahmebericht der Cray-2 «ein einziger Verriss» war und der Verkauf von Rechenkapazität an die Industrie und an öffentliche Forschungseinrichtungen wenig Erfolg zeitigte.⁵³ Die Glasfaserkabel für externe Nutzer seien zwar verlegt, aber die Anschlüsse nicht aufgeschaltet, weil man mit der Bundespost keine Einigung über die Tarife erzielen könne, und das führe dazu, dass ein interaktiver Betrieb auf der Cray-2 unerschwinglich teuer werde. Die Rechenzeittarife für externe Nutzer mangels Nachfrage einfach zu senken, war ausgeschlossen, denn es hätte nach einer unstatthafter, marktverzerrenden Subventionierung der Industrie ausgesehen. Besonders störend fand die *Computer Zeitung* die mit dem Kauf der Cray-2 eingegangene Verpflichtung, jede Nutzung durch Länder des Ostblocks zu verhindern. Die Exportbeschränkungen der US-amerikanischen Regierung fanden sich als Ausschlusskriterien auf den Antragsformularen zur Erteilung einer Benutzernummer am Rechenzentrum der Universität Stuttgart. Die *Computer Zeitung* zögerte nicht, dieses Formular abzudrucken.⁵⁴



Abb. 4: Skeptisches Publikum 1986: Der Ministerpräsident verteidigt die Wende zur Zukunft.

Was das Rechenzentrum, die Universität und die Landesregierung hier zu spüren bekamen, war die zunehmende Aufregung in einem Haifischbecken. Wenn Lothar Späth die Regeln des bundesrepublikanischen Fördersystems umgehen wollte, war damit zu rechnen, dass die DFG über den Wissenschaftsrat zurückschiessen würde. Davon hatte die *Computer Zeitung* Nachricht erhalten und der computertechnisch interessierten Öffentlichkeit umgehend erklärt, wie der High-Performance-Computing-Wettbewerb aussah. Die Politik will Wettbewerb, hatte Kanzler Blum auf seinem Expertenseminar festgestellt. Diesen Wettbewerb konnte man nur aushalten, wenn sich die eigenen Assets mit flankierenden Massnahmen hinreichend gut schützen lies-

sen. Das demonstrative wissenschaftspolitische Handeln musste durch geeignete Öffentlichkeitsarbeit unterstützt werden. Das Rechenzentrum musste dringend Wege finden, die Cray-2 zu erklären, denn nach der Cray-2 war mit grosser Wahrscheinlichkeit vor der Cray-3.

Die beiden Direktoren des RUS, Karl-Gottfried Reinsch und Roland Rühle, mussten sich im Nachgang zur Cray-2-Beschaffung also intensiv um die Öffentlichkeit kümmern, denn sie beobachtete das Geschehen im Rechenzentrum der Universität Stuttgart genau. «Supercomputer sind derzeit ein beliebtes Thema. Tagespresse und Fachzeitschriften äussern sich dazu nicht immer kompetent», klagte Reinsch 1987 in einem ausführlichen Artikel über die Cray-2 als *Herausforderung für Wissenschaft und Industrie*. Dass er mit diesem charmanten Eröffnungsstatement die Tagespresse und die Fachzeitschriften nicht wirklich für sein Anliegen gewinnen konnte, liegt auf der Hand.⁵⁵

Reinsch versuchte, Ordnungsangebote zu machen. Was waren die Anforderungen an Speichergrosse und Rechnerleistung für verschiedene Anwendungsbereiche? In welcher Liga spielte Stuttgart nach Anschaffung der Cray-2? Welche Anwender aus welchen Wissensgebieten konnten mit welcher Rechenkapazität und welchen Programmen rechnen? Wie kam man mit seinen Projekten «in» den Supercomputer? Und wie war diese Maschine überhaupt in die gesamte kalkulatorische Infrastruktur der Universität Stuttgart eingeordnet?

Um solche Fragen zu klären, griff Reinsch zur ganzen Palette grafischer Darstellungsformen – und katapultierte sich und seine Leserschaft ins kommunikative Off. Die dreidimensionale Grafik, mit der er das Verhältnis von Memory, Speed und Problem-Size darstellte, war bei genauerem Studium noch verständlich, die mehrspaltige Tabelle beim Maschinen- und Herstellervergleich dagegen einigermaßen unlesbar, und die hierarchisch-pyramidale

Verortung der Supercomputer nur dank der beigefügten Erklärung nachvollziehbar. Die funktionelle «Einordnung des Supercomputers in das Konzept des Rechnereinsatzes» an der Universität Stuttgart lasse sich, so Reinsch, durch «das 4-Ebenen-Modell» verdeutlichen. Was aus der detaillierten Hardwarebeschreibung inklusive Gewicht, Bodenbelastung, Kühlmitteltemperatur und Kühlmitteldurchfluss im geschlossenen Kreislauf zu schliessen war, blieb bei aller Transparenz im Unklaren.

Erst jetzt machte sich Reinsch an die Darstellung dessen, was der Supercomputer rechnen konnte – eine «Struktur des Schilddrüsenhormons Thyroxin», eine «Dichteverteilung im interstellaren Gas bei kollidierenden Galaxien» und, wie selbstverständlich, eine «numerische Simulation der dreidimensionalen Entwicklung von Wirbelstrukturen beim lamina-turbulenten Grenzschichtumschlag» – das alles wurde als Abbildung geliefert. Weitere Projekte liessen sich dem Lauftext entnehmen. Die Schlussbemerkungen räumten dann nochmals ein, dass Supercomputing sehr teuer sei, aber mit zunehmendem Verbreitungsgrad wohl «für jedermann möglich» werde.

Ganz anders als Karl-Gottfried Reinsch näherte sich Roland Rühle der Öffentlichkeitsarbeit. Was man an die Forschungsförderungsagenturen zu senden pflegte, davon war Rühle überzeugt, liess sich eben nicht telquel in Fachjournalen abdrucken. Journalisten würden das Material dort kaum je abholen, um es dann einer breiteren Öffentlichkeit auf pflegliche Weise zugänglich zu machen. Wenn Rühle mit dem *Industrie-Anzeiger* sprach, tat er das darum nicht im Sendermodus, sondern verständigungsorientiert. Das Resultat sollte fassbar sein und Erklärungen anbieten. Versprochen wurde da beispielsweise weder Ärger (*Computer Zeitung*) noch eine «Herausforderung an Wissenschaft und Industrie» (*Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*), sondern ein «Werkzeug für Ingenieure. Der schnellste Rechner

der Welt an der Universität Stuttgart» (*Industrie-Anzeiger*). In diesem ganz offensichtlich von Rühle belieferten Artikel ging es von der Cray-2 und der neuen baden-württembergischen Spitzentechnologieförderung direkt zum Verbund von Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen wie BASF, Hoechst, Bosch, Porsche, Dornier, TÜV und Daimler-Benz. Auch die Aussicht auf die bevorstehende Nutzung des Superrechners durch mittelständische Betriebe wurde nicht vergessen.

42 Der von Rühle informierte Journalist Jürgen H. Koch aus München erwies sich als hervorragender Kommunikationsspezialist. Da war gut verständlich von «Zusammenarbeit», von der «Stadtmitte», von einem «Pilotprojekt» mit der Deutschen Bundespost, von Karlsruhe und Freiburg und selbstverständlich von viel «Glasfaserkabel» die Rede. Kosten für Rechenzeit wurden ganz unerschrocken ausgewiesen und verglichen, die Kooperation mit Privatfirmen in den Vordergrund gerückt und die Lösung komplexer Probleme angekündigt. Nichts davon war trivial. Aber nun ebnete eine elegante, politisch integrative Kommunikationsweise der Cray-2 den Weg in die Aufmerksamkeitszonen der Leserschaft. Denn was die Cray-2 für den Standort Stuttgart war, was aus ihr entstehen würde und was auf sie folgen mochte, würde man in absehbarer Zeit schon wieder neu verhandeln müssen.

Prekäre Leistungsorientierung (1988–1996)

Ein Supercomputer ist nicht nur deshalb schwer zu verstehen, weil er auf miraculöse Weise besonders schnell rechnet. Viel schwieriger ist es, eine brauchbare Konfiguration für die Maschine und das, was mit ihr verbunden ist, zu finden. Denn dafür muss ein komplexes Ensemble von Rechnern, Instituten und Ministerialbeamten zusammenspielen, eine zerklüftete Gremienlandschaft passierbar gemacht und die unterschiedlichen Interessen von Computerherstellern, wissenschaftlichen und industriellen Abnehmern von Rechenkapazität in Einklang gebracht werden. Mit einer konsensfähigen Beurteilungsform lässt sich das leichter bewerkstelligen. Professioneller Support, schneller Zugriff, Nutzerautonomie, attraktive Tarifierung, gute Programme, einfache Vor- und Nacharbeiten oder Paketlösungen kommen dafür infrage. Im Feld des Supercomputing bietet sich das Attribut «konzurrenzlose Leistung» fast von selber an.⁵⁶ Überraschend ist nur, wie prekär dieses Kriterium werden kann, wenn es im täglichen Betrieb beachtet werden muss.

Die Beschaffung der Cray-2 löste die Verwirrung im Stuttgarter Computertheater mit einem Deus-ex-Machina-Effekt. Kein jahrelanges Feilschen, keine Koordinationsprobleme, niemand, der intervenieren konnte. Dafür ging alles viel zu schnell. Beim Kauf wie beim erwarteten Rechnen. Erst danach begann die mühsame Konfigurationsarbeit. Dabei tauchten viele Widersprüche auf. Erstens hatte Stuttgart eine besonders exklusive Anlage, musste aber gleichzeitig seine Nutzerbasis vergrössern. Zweitens kam Stuttgart nicht umhin, sich sofort und ganz konkret mit der nächsten Ersatzbeschaffung zu beschäftigen. Nur so würde man

mit der Rechnerleistung am Ball bleiben können. Man hatte mit einer Maschine namens Cray-3 zu argumentieren, die es noch gar nicht gab und schliesslich gar nie geben würde. Drittens begann sich die Beurteilung von Rechnern zwar zu vereinfachen, weil sich im Supercomputerfeld ein konsensfähiger Benchmark durchzusetzen begann. Bei der Beschaffung diente er als scharfes Argument – aber nur, wenn Maschinen getestet werden und die Hersteller brauchbare Daten liefern konnten. Und das war für zukünftige Anlagen eigentlich nicht zu erwarten. Viertens kämpfte Stuttgart, wie andere Supercomputerzentren auch, mit architektonischen Unwägbarkeiten und Widersprüchen. Sollte man auf bewährte Vektorrechner, auf Parallelrechner oder auf den Verbund von Workstations setzen?

Trotz der sehr autonomen Lösung mit der Cray-2 ergaben sich für Stuttgart auch aus wissenschaftspolitischen Gründen widersprüchliche Anforderungen für die gegenwärtige und zukünftige Konfiguration. Wie sah die Rechnung aus, wenn ein nationales Höchstleistungsrechenzentrum den Zugriff für die gesamte Bundesrepublik garantieren sollte und vorwiegend auf regionale Finanzierung angewiesen war? In Stuttgart löste man einige dieser Widersprüche mit einer originellen, aber komplizierten Organisation, die Investition und Rechenzeitvergabe trennte und dabei Wirtschaft und Wissenschaft verbinden musste.

Simulation für alle

Um einen Global Player wie Porsche von der Leistungsfähigkeit der Cray-2 profitieren zu lassen, waren keine gewagten argumentativen Anstrengungen nötig. Simulationen auf schnellen Rechnern waren für die Ingenieure bei Porsche nichts Neues. Sie konnten das Crashverhalten ihrer Sportwagen schon länger



Abb. 5: Crash und Simulation in den 1990er Jahren:
ein Porsche 911 Carrera nach einem seitlich versetzten Aufprall.

simulieren und mussten keine wirklichen Dummies auf wirkliche Lenkräder prallen lassen.⁵⁷ Die Prozessorverbände der Cray-2 erlaubten es den Ingenieuren bei Porsche nun sogar, ihre Karosserien in einer immer feineren Auflösung zu berechnen. Die ersten 80 Millisekunden nach dem Aufprall liessen sich damit bereits simulieren. Die Ingenieure verfolgten das Geschehen auf dem Computerbildschirm, in beliebiger Verlangsamung und so oft sie wollten (Abb. 5).⁵⁸

Schwieriger zu begründen war das Anliegen, auch die mittelständischen Betriebe in Nutzer des Stuttgarter Supercomputing zu verwandeln. Das bloße Vorhandensein von Rechenkapazität im Spitzenbereich motivierte keine Firma, sich eingehender mit Supercomputing oder Simulation zu beschäftigen.⁵⁹ Dafür war

die Personaldecke bei den kleinen und mittleren Unternehmen viel zu dünn, die Opportunitätskosten viel zu gross. Die Brücke zwischen dem Supercomputer in Stuttgart und dem möglichen Rechenbedarf in mittelständischen Betrieben musste von anderen geplant und geprüft werden. In einer politisch konzertierten Aktion gründeten das Land Baden-Württemberg, die Stadt und die Universität Freiburg, die Industrie- und Handelskammer südlicher Oberrhein sowie die Freiburger Regio-Gesellschaft die High Tech Computerdienste Oberrhein GmbH (HTCO).⁶⁰ Das Joint Venture sollte den mittelständischen Betrieben erklären, wie kalkulatorische Spitzenleistung und regionale Wirtschaftsförderung zusammenpassten. Die HTCO erwartete keine Wunder und rechnete damit, «dass es am Anfang ziemlich zäh vorwärts gehen wird».⁶¹ Die 45 potenziellen Kunden zwischen Basel und Offenburg mussten ja überhaupt erst das «Grundprinzip des Supercomputings» verstehen lernen, und das war bekanntlich keine einfache Angelegenheit. Einfach war nur die Botschaft, die die Vertriebsgesellschaft über die *Badische Zeitung* in die südbadischen Betriebe aussandte: Supercomputing hiess Simulation. Erst «durch die extrem schnellen Rechner» sei «das Prinzip der Computersimulation», das keineswegs neu sei, auch für den Mittelstand attraktiv geworden. Die Zahlen, die diese Attraktivität belegen, hatte man für den Redakteur auch parat: «Wo ein herkömmliches Gerät 18 Stunden benötigte, da kommt die Cray-II mit zwei Minuten aus.»⁶²

Zwei Minuten statt achtzehn Stunden – trotz aller Geschwindigkeitsprotzerei wird die Erklärung des Supercomputing die eine oder andere mittelständische Firmenleitung ratlos zurückgelassen haben. Im Gegensatz zu anderen Computeranwendungen, so wurde ihnen erklärt, zielten Höchstleistungsrechner nicht auf Rationalisierung ab. Computer wie die Cray-2 seien eben keine blossen Rechenmaschinen, die man mit möglichst viel Zahlen-

material beschäftigen konnte. «Wir wollen keine Kunden, die an der Tür klingeln und sagen ‹Nun rechnet mal›»,⁶³ betonte der Geschäftsführer Franz Heidinger gegenüber der *Badischen Zeitung*. Statt bloss für südbadische Betriebe zu rechnen, wollten die Supercomputerleute aus Stuttgart beratend wirken und herausfinden, «ob und wie konkrete Probleme in der Entwicklung und Optimierung mit der Cray II gelöst werden können».⁶⁴ Was diese Beratung und Problemlösung durch den Einsatz von Simulationsverfahren konkret optimieren sollte, blieb weitgehend im Unklaren, trotz der Hinweise des Geschäftsführers auf einen Markisenhersteller, «der einen dreimal leichteren, aber doppelt so belastbaren Tragarm für seine Markisen konstruieren will».⁶⁵ Unbestritten war nur die Grundannahme der HTCO GmbH: «Das Prinzip des Supercomputings lässt sich auf alle Optimierungs- und Simulationsaufgaben anwenden.»

Die Paradoxie zwischen der Exklusivität des Angebots im Spitzenrechnen und einem möglichst breiten Kreis von Nutzern konnte die HTCO mit ihrer Vermarktungsstrategie nicht auflösen. Vielleicht auch deshalb, weil man alle Vorstellungskraft der potenziellen Nutzergemeinde auf den Stuttgarter Supercomputer konzentrierte, als genüge bereits die bloße Anwesenheit der Cray-2 in Stuttgart, um mittelständische Unternehmen davon zu überzeugen, ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeit an Computersimulationen zu delegieren und damit ins High-techzeitalter einzutreten. In den Artikeln der badischen Regionalpresse über die Aktivitäten der HTCO jedenfalls blieb die halbrunde, mannshohe Cray-2 die einzige Abbildung.

Im Unterschied zur regionalen Wirtschaftsförderung setzte das Rechenzentrum der Universität alles daran, die Exklusivität des Stuttgarter Angebots für das Rechnen an den Grenzen der Berechenbarkeit weiter zu erhöhen. Die Mittel für einen Distinktionsgewinn des Universitätsrechenzentrums waren allerdings

beschränkt. Die Ankunft der Cray-2 zu vermarkten – das hatten Reinsch und Rühle aus der Erfahrung mit der *Computer Zeitung* gelernt –, reichte bei weitem nicht aus. Und weder die Computersimulation noch die Entwicklung von ästhetisch ansprechenden, interaktiven Benutzeroberflächen stellten für sich eine Besonderheit des Stuttgarter Angebots dar, das man nur hier und zum Beispiel nicht auch in Berlin, Garching oder Jülich in Anspruch nehmen konnte. Am Rechenzentrum begann man deshalb – das war neu und wurde sonst nur in den USA angeboten – Simulation und Visualisierung miteinander zu verbinden (Abb. 6).

48 Die Stuttgarter Simulationsbilder waren eine Inszenierung der Leistungsfähigkeit von Stuttgarter Rechnern, die an den Grenzen der Berechenbarkeit operierten. Die Semantik blieb davon nicht unberührt. Die Cray-2 eröffnete «eine völlig neue Dimension der wissenschaftlich-technischen Simulation».⁶⁶ An die Stelle «endloser, kaum verständlicher Zahlenkolonnen» traten nun «Visualisierungen der technischen Vorgänge und Prozesse sowie von wissenschaftlichen Modellvorstellungen».⁶⁷ Die Cray-2 war dann nicht mehr nur ein Supercomputer, sondern ein Produzent von artifizieller Evidenz. Die durch die Cray-2 erzeugten Simulationsbilder versprachen Einsichten in die physikalische Welt, obwohl sie im Computer entstanden. Diese Bilder machten eine artifizielle Welt anschaulich, die ohne die Supercomputer nicht möglich und ohne Bildschirme und Drucker gar nicht sichtbar werden konnte.

Kosten gerechneter Evidenz

Das RUS begann also die neue Anschaulichkeit der Simulation kommunikativ zu nutzen. Viele Simulationsbilder wurden in Vorträge, Anträge und Publikationen eingebaut. Der Betrach-

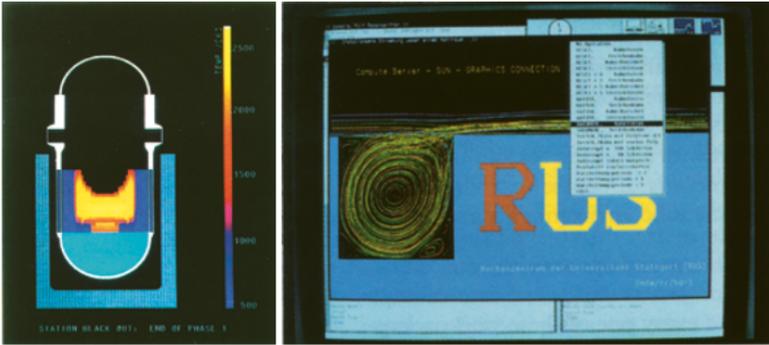


Abb. 6: Visuelle Simulation 1993: starke Bilder für defizitäre Nutzer.

ter der Bilder musste nicht einmal verstehen, welches Problem die Theoretische Astrophysik der Universität Tübingen an Doppelsternsystemen interessierte oder welche Fragestellungen zur Strömung über ein Autoschiebedach das Institut für Mechanik der Universität Stuttgart beschäftigten, um von dieser neuen Art Bilder fasziniert zu sein.⁶⁸ Die Gehäuseästhetik der Cray-2 war vielleicht elegant, die tabellarisch präsentierten Benchmarks des Supercomputers beeindruckend. Aber im Vergleich zu den neuen Simulationsbildern war beides viel zu nüchtern, um die Leistung der Superrechner sichtbar zu machen.

Artifizielle Evidenz rechnerisch simulierter Verhältnisse herzustellen, bedeutete viel Arbeit. Vor allem mussten die Nutzer in die Simulationsprozesse und damit auch in die Infrastruktur des Rechenzentrums integriert werden. Doch eigentlich begann die Arbeit schon vor dem Ablaufen der Simulation. Sogar die Problemstellung musste von den Nutzern so aufgeteilt werden, dass sie sich in Modulen von unterschiedlichen Rechnern und Programmen behandeln liess und geeignete Orte der Nutzerintervention verfügbar hielt. Erst dann liessen sie sich als Programmteile und Datensätze ins haus eigene Betriebssystem RSYST integrieren.

Weil nicht jede «Zerlegung der Aufgabenstellung in Teilprobleme» zu «numerisch befriedigenden Simulationen» führte, mussten modulare Zerlegung und numerische Verfahren aufeinander abgestimmt werden.⁶⁹ Als Anwender hatte man in diesem Arbeitsschritt die Aufgabe, die «Kombinierbarkeit» der einzelnen Module sicherzustellen und die «Simulationsaufgaben möglichst flexibel auf das integrierte Programmsystem» abzubilden.⁷⁰

Die attraktive Kraft der Bilder und die dringend notwendige Interaktion der Nutzer mit den laufenden Simulationsprozessen warfen allerdings ein Problem auf, das von Kulturkritikern beklagt wurde und für Supercomputerrechenzentren eine interessante Herausforderung bedeutete: Das Problem der «Datenflut».⁷¹ Je komplexer die Problemdefinition, desto grösser die Datenmenge. Technische Simulationen aus dem Bereich der Ingenieurs- und Naturwissenschaften, wie sie auf der Cray-2 liefen, erzeugten «Ergebnisdaten in der Grössenordnung von 100 bis 1000 Millionen Realzahlen».⁷² Bei der Bewältigung solcher Datenmengen halfen weder raffinierte Algorithmen noch effiziente Betriebssysteme allein. Um komplexe Anwendungen zu simulieren, war auch Hardware gefragt. Im Rechenzentrum übersetzte man das Problem wachsender Datenmengen in eine Aufgabe für die Infrastruktur. Zu lösen war das Problem des Datentransports «vom Höchstleistungsrechner zum entsprechenden Fileserver und später, für die Auswertung, zum darstellenden Endgerät».⁷³

Der erste Flaschenhals in dieser Konstruktion war der Fileserver. Dieser musste hohe Rechenleistung und hohe Bandbreiten zur Verfügung stellen, aber auch über ausreichende Speicherkapazität verfügen, damit die Datenmengen zwischengespeichert werden konnten, bevor sie an die Endgeräte gingen. Für dieses Problem griff man im Rechenzentrum auf Bewährtes zurück. Die langjährige Verbindung zum Hersteller Cray wurde aktiviert und,

wohl zur Überraschung der Community in der Bundesrepublik, ein weiterer Supercomputer, die Cray Y-MP, als «Hochleistungs-Fileserver»⁷⁴ installiert. Neu war auch die öffentliche Inszenierung der eigenen Infrastrukturpolitik. Die Cray Y-MP wurde «im Mai 1991 in Anwesenheit des Ministers von Trotha und des Rektors» in Betrieb genommen. Schliesslich war es Stuttgart gelungen, wie der Rechenschaftsbericht des Rektors festhielt, «erstmalig in Europa und als zweite Institution weltweit, einen Fileserver dieser Leistungsklasse zu beschaffen und erfolgreich zu betreiben».⁷⁵

Der zweite Flaschenhals im Umgang mit der «Datenflut» im Bereich der Simulation sass vor einem Bildschirm als Anwenderinnen und Anwender. Hier mussten die Informatiker des Rechenzentrums bedeutend zurückhaltender agieren. Sie bedienten sich einer zeitgemässen wissenschaftlichen Theoriesprache und modellierten den User als System der neuronalen Informationsverarbeitung. Die «Auswertung von Daten», so formulierte es die Simulationsabteilung des RUS, ist «nach wie vor durch die Auffassungsfähigkeiten des Menschen geprägt».⁷⁶ Der Mensch ist und bleibt «das langsamste Glied in der Verarbeitungskette».⁷⁷ Durch «Ausnutzung neuer Erkenntnisse über die Verarbeitung visueller Reize im menschlichen Gehirn» sollte ihm deshalb «eine erheblich schnellere Informationserfassung»⁷⁸ beigebracht werden. Für die Integration des menschlichen Anwenders in die lokale Simulationsumgebung setzte man «vor allem auf unbewusste Verarbeitungsfähigkeiten», die «keine intellektuelle Leistung erfordern».⁷⁹ So ging man davon aus, dass das Auge zusammen mit dem Gehirn den «Informationskanal mit der höchsten Übertragungsrate beim Menschen»⁸⁰ darstellt. Besonders gut könne der Mensch unbewusst Strukturen, Texturen, Hell- und Dunkelübergänge sowie Bewegungszusammenhänge erkennen. Die Anwender sollten so «unter Verwendung grafischer Hilfsmittel»⁸¹ in die Verarbeitungsschritte der Simulation eingebunden werden. Man

setzte den defizitären User, der die Datenmengen nur als Bild begreifen konnte, in eine Austauschbeziehung mit den nicht minder defizitären Computersystemen, denen Probleme, Daten und Anweisungen detailliert vorgegeben werden mussten. Waren die Nutzerinnen und Nutzer mit den lokalen Systemen gekoppelt, brauchten die Informatiker des Rechenzentrums sich nicht weiter um sie zu kümmern und konnten zu ihren Rechnern, Programmen und Netzwerken zurückkehren.

52 Konnte man das Simulationsmodell gegenüber der eigenen Nutzergemeinschaft in Form von Programmanweisungen kommunizieren, lief die Kommunikation der Stuttgarter Simulationskompetenz nach aussen über Abbildungen. Dabei half das Stuttgarter Tetraeder, das die einzelnen Verarbeitungsschritte während einer visualisierten Simulation abstrahierte und als Grundfunktionen der Problembehandlung schematisch darstellte (Abb. 7). Die Darstellung erlaubte eine einheitliche Sicht auf den vielgestaltigen Prozess der visualisierten Simulation im Stuttgarter Rechenzentrum. Gegenüber Konkurrenten, Geldgebern und Beobachtern konnte nun betont werden, dass die Simulation dann ein Werkzeug für Forschung und Entwicklung theoretischer Modelle in den Ingenieurwissenschaften war, wenn «Berechnung, Darstellung, Supercomputing und Visualisierung» eine «untrennbare Einheit»⁸² bildeten. Diese Einheit ermöglichte jene Interdisziplinarität, von der Informatiker gerne träumten: Die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen unter der Ägide jener, die den Rechner besser als das wissenschaftliche Problem verstanden und selber auch in einem interdisziplinären Wissensfeld arbeiteten. Die Probleme im Höchstleistungsrechnen, so hiess es im Forschungsbericht über mehrere Jahre hinweg unverändert, setzten «eine Zusammenarbeit von Spezialisten aus den Anwendungsgebieten der numerischen Mathematik, der Informatik und der Computertechnologie»⁸³ voraus. Programmatisch

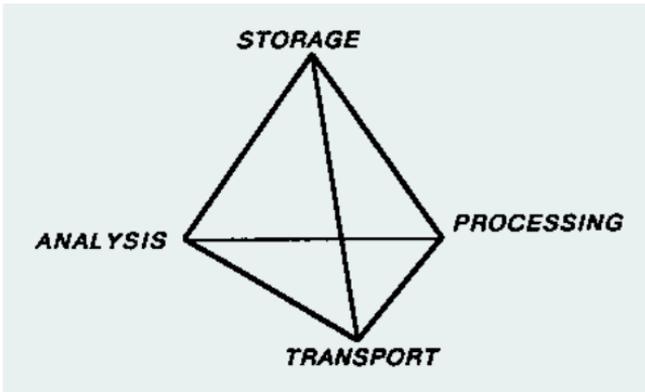


Abb. 7: Höchstleistungsvereinfachung 1993:
das Stuttgarter Tetraeder der Simulation.

generalisiert hatte man diese doppelte interdisziplinäre Ausrichtung im wissenschaftlichen Rechnen in der Erfindung der Computational Sciences: «An Stelle von Forschung in Einzelgebieten tritt die Notwendigkeit, die Systeme in all ihrer Komplexität zu integrieren. Als Resultat entsteht eine neue Disziplin, die bei den Amerikanern «Computational Science» genannt wird.»⁸⁴ Die eigene Kompetenz des RUS im Bereich der visuellen Simulation, verstanden als Methode der Computational Science, erhielt damit einen in der Community und bei den Geldgebern kommunikativ anschlussfähigen Nachrichtenwert.

Trügerische Sicherheit der Benchmarks

Seit der Stuttgarter Wende in die Zukunft, als Lothar Späth die schnellste Maschine der Welt stiftete, hatte sich das Rechenzentrum in der Zukunft des Supercomputing eingerichtet. Diese Zukunft schien verlässlich prognostizierbar (Abb. 8). Die Geschwin-

digkeit und die Leistungsfähigkeit der Computer der obersten Klasse würden weiterhin kontinuierlich steigen, zumal parallele Rechnersysteme inzwischen marktreif geworden waren.⁸⁵ Auch der Bedarf an Computerleistungen der Extraklasse würde nicht nachlassen. In der Community war man sich «darüber einig, dass ein geradezu unbegrenzter Rechenbedarf in Wissenschaft und Industrie auch zukünftig bestehen wird und immer leistungsfähigere Supercomputer erfordert».⁸⁶

54

Es überraschte deshalb kaum, dass sich das Land Baden-Württemberg bereits beim Kauf der Cray-2 eine Option auf «die erste nach Europa zu liefernde, mit Sicherheit jedoch die erste in Deutschland zu installierende Cray-3»⁸⁷ gesichert hatte. Um diesen vertraglichen Automatismus zu realisieren, legte Stuttgart der DFG 1989 einen «Vorantrag» zur Beschaffung einer vom Hersteller erst angekündigten Cray-3 für das Jahr 1991 vor. Diese erwartete Cray-3 schien eine wahre Verheissung und würde viel mehr als ein blosses Nachfolgemodell der Cray-2 sein. Denn mit dieser Maschine sollten die Grenzen der Berechenbarkeit dramatisch erhöht werden. Das war auch nötig. Probleme, deren Lösung auf der Cray-2 mehr als hundert Stunden CPU-Zeit brauchten, waren schwierig durchzuführen. Bei solchen «Top-simulationen», so Rühle im Interview mit dem *Computer Magazin*, würden die Probleme nahezu unberechenbar und Simulationen machten «einfach keinen Sinn mehr».⁸⁸ Cray Research versprach, mit der Cray-3 die Siliziumtechnologie der Chips zu ersetzen und damit die aktuellen physikalischen Grenzen der Rechner zu überwinden. Der deutsche Vertreter von Cray Research, Robert Übelmesser, verkündete auf der Supercomputerkonferenz in Mannheim 1989 dem anwesenden Publikum, dass «im Cray-3 Projekt unter der Leitung von Seymour Cray» an einem Supercomputer in «Gallium-Arsenid Technologie»⁸⁹ gearbeitet wird. Durch «schnellere Schaltzeiten und die geringere

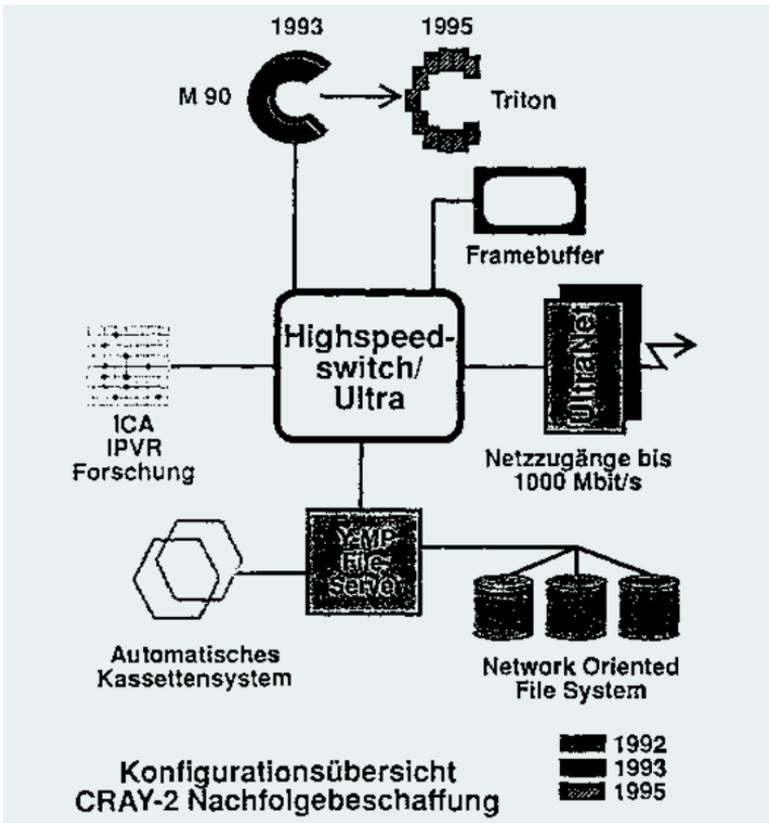


Abb. 8: Stabile Erwartungen an zukünftige Veränderungen 1992: Konfigurationsübersicht.

Wärmeabgabe» sollte diese Technologie «das Potential für noch wesentlich leistungsfähigere Supercomputer»⁹⁰ bereithalten.

Die Cray-3 war zwar längst ein fester Baustein in der Stuttgarter Planung geworden, auch im Antrag bei der DFG. Doch allein über die Strahlkraft eines künftigen Spitzensystems zu argumentieren, schien gegenüber der auf Breitenversorgung bedachten DFG zu riskant. Anstatt einzig auf die Leistung der Ma-

schine zu setzen, demonstrierte man im Stuttgarter Antrag auch die attraktive Leistungsfähigkeit des ganzen Rechenzentrums. Die Beurteilung des Bedarfs durch die DFG sollte sich nicht an den gängigen Kriterien des Supercomputing orientieren. Weder die theoretisch mögliche Geschwindigkeit des Computers noch das Preis-Leistungs-Verhältnis sollten für die Finanzierung der Cray-3 ausschlaggebend sein.⁹¹ Die Entscheidung der DFG, für die Universität Stuttgart eine Cray-3 zu finanzieren, sollte ein Urteil über das Profil der Stuttgarter Simulationskultur sein. Hervorgehoben wurden deshalb die «Grösse und Erfahrung der Anwendergemeinde»,⁹² die verfügbare Softwareausstattung vor Ort sowie die Bandbreite für Zugriffe vom Netz und auf Workstations. Die Steigerung der Prozessorleistung, die Erhöhung des Speichers und der schnellere Zugriff auf den Speicher, die man mit der Cray-3 erwartete, waren zusätzliche Argumente. Denn die Leistungssteigerungen der künftigen Maschine waren nur dann wirksam, wenn zwischen allen Kriterien «Ausgewogenheit»⁹³ herrschte.

Der politische Clou des Vorantrags bestand darin, die DFG mit der Landespolitik unter Druck zu setzen. In Baden-Württemberg, so sollte es den Gutachtern erscheinen, war das positive Votum aus Bonn bereits einkalkuliert. Man warte auf die Entscheidung der DFG, «damit Ministerrat und Parlament die entsprechenden Haushaltsentscheidungen vorbereiten können».⁹⁴ Eine «spätere Ingangsetzung des Beschaffungsverfahrens» sei angesichts «der zeitaufwendigen Genehmigungsprozeduren» schlicht «unverantwortlich».⁹⁵

Was auf den ersten Blick als gesteigertes Stuttgarter Selbstbewusstsein gegenüber der DFG erscheinen mag, entsprang einem Dilemma, das man vorsichtshalber in die Zusammenfassung am Ende des Antrags verschob. Die «zeitliche Planung» der Nachfolgebekaffung für die Cray-2, heisst es dort, sei «von massgebli-

cher Bedeutung».⁹⁶ Massgeblich war aber vor allem der Umweltdruck auf das Stuttgarter Modell des Supercomputing. Es war nicht länger sicher, ob die bislang gültigen Koordinaten für den Betrieb eines regionalen Superrechners auch in Zukunft noch die richtigen sein würden. «Eine zu frühe Entscheidung für einen Produkttyp», erfuhren die Gutachter der DFG, «ist [als] ebenso risikoreich einzuordnen wie das Versäumnis einer rechtzeitigen Entscheidung für einen Nachfolgerechner, das den Verlust einer Führungsposition im weltweiten wissenschaftlichen Wettbewerb mit allen damit verbundenen Folgen bedeuten kann.»⁹⁷

In dieser Rede vom Risiko zeichnete sich das Bild einer globalen, von Wettbewerb und Standortpolitik dominierten Welt des Höchstleistungsrechnens ab. In Stuttgart erwartete man für die 1990er-Jahre gesteigerte Ungewissheit. Schwierig zu beurteilen schien die Frage nach dem richtigen Produkttyp und damit nach der vorherrschenden Rechnerarchitektur für Supercomputer. Ob man im globalen Rennen um die leistungsfähigsten Maschinen mithalten konnte oder ob gar der Verlust der Führungsposition drohte, war unklar.

Der Markt für Höchstleistungsrechner hatte zu Beginn der 1990er-Jahre an Dynamik gewonnen und wurde für die Beobachter des Feldes unübersichtlich. In der «Formel-1 Klasse»⁹⁸ kamen mit Hitachi, Fujitsu und NEC neue Hersteller von Supercomputern aus Japan hinzu, die die Konkurrenz zwischen den Anbietern verschärfen. Die SX3 von NEC beispielsweise, so berichtete Hans-Werner Meuer auf der Supercomputerkonferenz 1991 in Mannheim, habe «schnell in Europa Fuss gefasst».⁹⁹ Sogar im Tessin sollte eine Maschine «als nationaler Supercomputer der Schweiz installiert»¹⁰⁰ werden. Zusätzlich zu den dominanten Vektorrechnern stellten nun auch zunehmend Parallelarchitekturen eine brauchbare Alternative im Supercomputing bereit. Sie waren mit vielen preisgünstigen Mikroprozessoren sowie mit

verteilten Speichern ausgestattet und wiesen ein verbessertes Preis-Leistungs-Verhältnisses auf.¹⁰¹ Allerdings verlangten solche Parallelrechner auch nach einer veränderten Art des Programmierens, für die jedenfalls in der Bundesrepublik weder die entsprechende Software noch die Erfahrung existierte.¹⁰² Als Übergangslösung boten sich Workstation-Cluster an. Ihr Einsatz mochte eine attraktive und kostengünstige Übergangslösung sein, so lange noch nicht klar war, «welches der vielen vorgeschlagenen Konzepte» für parallele Rechnerarchitekturen «sich bewähren und durchsetzen»¹⁰³ würde. Die Entwicklung der Rechner wurde also in den frühen 1990er-Jahren als «kaum vorhersehbar über einen Zeitraum von mehr als 3–5 Jahren»¹⁰⁴ eingeschätzt.

Im Bereich der Spitzenrechner verschärfte sich das Beurteilungsproblem, weil Maschinen wie die Cray-3 noch nicht einmal existierten. Konnte man den Versprechen der Hersteller hinsichtlich der theoretischen Maximalleistung ihrer neuen Maschine Glauben schenken? War der Preis ein Indikator für die tatsächliche Leistungsfähigkeit des Rechners? Die Evaluation der kommenden Generation von Spitzenrechnern blieb für das zuständige Personal, das in den Rechenzentren die Neubeschaffungen verantwortete, eine kaum lösbare Aufgabe. In Stuttgart befand man sich in der Situation, dass «eigentlich notwendige Herstellerinformationen über bestimmte Daten nicht vorlagen und möglicherweise zum Teil auch in näherer Zukunft nicht zu bekommen»¹⁰⁵ sein würden. Wie sollte man in dieser Situation seriös die Entscheidung für diesen oder jenen Supercomputer begründen? Den Rechenzentren blieb nur die Möglichkeit, die Leistungszahlen vorhandener Rechnersysteme in mühevoller Eigenarbeit hochzurechnen, bei den Kollegen nachzufragen oder die guten Beziehungen zum Hersteller auszuspielen.¹⁰⁶

Doch Extrapolationen möglicher Leistungswerte eines zukünftigen Rechnersystems aufgrund einer Simulation der Perfor-

mance eines bekannten Rechners gefährdeten die Glaubwürdigkeit aller Beteiligten. Schon der Vergleich zwischen Parallel- und Vektorrechnen konnte einem vonseiten der angewandten Mathematik den Vorwurf wissenschaftlicher Ungenauigkeit einbringen.¹⁰⁷ Das wissenschaftliche Personal in den Rechenzentren musste immer wieder lesen, dass sich Vergleichsbedingungen kaum reproduzieren liessen oder gerne zum Vorteil der eigenen Rechner angepasst wurden. Es komme deshalb oftmals vor, dass die Ergebnisse von Leistungsvergleichen schon bei den gleichen Vektorrechnern um den Faktor zehn voneinander abwichen. «Leistungsmessungen bei Vektor- und Parallelrechnern sind im Vergleich zu Universalrechnern sehr problematisch»,¹⁰⁸ hielt ein zeitgenössisches Papier fest.

Der Druck auf das wissenschaftliche Personal war ausserordentlich hoch. Die Gruppe Numerik für Höchstleistungsrechner des Rechenzentrums der Universität Stuttgart versah ihre interne und als vertraulich eingestufte Studie zur Leistung von vier Supercomputern mit der Bemerkung, dass die aufwendig evaluierten Benchmarks im Grunde wertlos waren: «Die vermittels eines simplifizierenden Modells für Loops auf Vektorrechnern ermittelten Daten erheben keinen Anspruch auf Richtigkeit.»¹⁰⁹ Schliesslich hielten es die Autoren der Studie für «nicht ausgeschlossen, dass wesentliche Architekturmerkmale der Maschinen nicht berücksichtigt worden und dementsprechend die angegebenen Prognosen der Leistung unzutreffend»¹¹⁰ waren.

Eine Lösung für die neue Unübersichtlichkeit im Herstellermarkt für Supercomputer erschien am 24. Juni 1993 im Rahmen des achten Mannheimer Supercomputer-Seminars: das Top-500-Ranking. So wie das Magazin *Forbes* seit 1982 die 400 reichsten Amerikaner auflistete, so sollte das Ranking Auskunft über die leistungsstärksten Computer der Welt geben.¹¹¹ Das bedeutete nicht, dass sich die Hersteller und Nutzer vorher im Blindflug

bewegt hätten. Verzeichnisse, die Übersicht stifteten und Entwicklungen abbildeten, gab es bereits einige. Weil in Europa und den Vereinigten Staaten viele Universitäten mit leistungsstarken Maschinen ausgestattet waren, führten beispielsweise die nationalen Fördereinrichtungen Standortlisten. In alphabetischer Reihenfolge wurde die lokale Anzahl und Art der verfügbaren Supercomputer, manchmal sogar ihre konkreten Anwendungszwecke aufgeführt.¹¹² Oder die Listen unterschieden, ob die Rechner im Rechenzentrum, der Bibliothek, der Hochschulverwaltung oder den lokalen Instituten standen.¹¹³ Man konnte auch, wie es an der Universität Mannheim von Hans-Werner Meuer und Erich Strohmeier seit 1986 gemacht wurde, Listen über die Anzahl der weltweit verfügbaren Vektorsysteme anlegen.¹¹⁴

Das Top-500-Ranking markierte einen fundamentalen Wandel in diesen Übersichtswelten. Hervorgegangen aus der Zusammenarbeit von Meuer und Strohmeier mit dem amerikanischen Mathematiker Jack Dongarra, vereinfachte das Ranking die Übersicht dramatisch.¹¹⁵ Es blendete die Herstellerangaben, den Marktpreis des Computers sowie die vielen individuellen Benchmarks der Rechenzentren aus und reduzierte die Beurteilung des Supercomputing auf ein einziges Kriterium: die Leistung. Erfasst wurde die Leistungsfähigkeit durch Rechnertests, in diesem Falle mit dem Linpack-Benchmark. Mit dem Linpack-Algorithmus wurde «der Rechner mit einem verzwickten Gleichungssystem beschäftigt, das gerade noch in den Arbeitsspeicher»¹¹⁶ passte.

In der Verbindung von Benchmark und Ranking errichtete die Top-500-Liste eine wettbewerbsorientierte Wirklichkeit. Wenn Leistung nach dem Linpack-Mass das einzig relevante Vergleichskriterium war, dann bestimmten nicht mehr die Standorte die Supercomputer. Es lief vielmehr umgekehrt. Die Leistungsreihenfolge der schnellsten Rechner definierte den Wert und das Gewicht der Standorte. Dank einer Beschränkung auf

die Zahl 500 eignete sich das Ranking zudem als Instrument der Exklusivität. Die Mainframerechner, Workstations und «Mini-Supercomputer» waren nun aus dem Kreis der Spitzenrechner verbannt. Auch diejenigen Institutionen, die mit älteren oder clusterartigen Modellen an der Spitze mitrechnen wollten, fielen weg. Wer dagegen im Ranking vorkam, am besten noch auf den vorderen Plätzen, gehörte einer Elite an, die das Rennen an den Grenzen der Berechenbarkeit mitmachen konnte. Die Positionen aber waren fluide. Weil das Ranking zweimal jährlich erschien – im Juni auf der International Supercomputer Conference in Mannheim und im November auf der IEEE Supercomputer Conference in den USA¹¹⁷ –, konnten im Abstand von nur wenigen Monaten die Spitzenplätze wechseln, neue Rechner und Institutionen hinzukommen, andere herausfallen. Das Top-500-Ranking lieferte ein Mass, mit dem sich die Exzellenz der landeseigenen Forschungseinrichtungen bestimmen liess und gleichzeitig der globale Wettbewerb mit anderen Standorten ausgerufen werden konnte.

Als das erste Mannheimer Ranking im Juni 1993 erschien, waren die Supercomputer der Universität Stuttgart nur auf den hinteren Rängen zu finden: Auf Platz 205 war die Cray-2/4-256 und auf Platz 430 der Parallelrechner MP-1216 gelistet.¹¹⁸ In Stuttgart betonte man zwar hartnäckig, «dass im Supercomputing die theoretische Maximalleistung keine und die Daten des LINPACK-Benchmarks nahezu keine Rolle spielen».¹¹⁹ Die enge Zusammenarbeit «mit dem amerikanischen NSF-Supercomputerzentren, dem Forschungszentrum Los Alamos, Livermore und NASA Ames sowie den Computerfirmen Cray und Convex»¹²⁰ änderte jedoch nichts an der schlechten Platzierung der Stuttgarter Rechner. Die bisherige Strategie in Stuttgart für den Betrieb von Supercomputing war im globalen Wettbewerb nicht konkurrenzfähig. Auch der langjährige Provider Cray erwies sich als unzuverlässig. Vier

Jahre nach dem «Vorantrag» für die Nachfolge und sieben Jahre nach ihrer Installation war die Cray-2 in Stuttgart noch immer in Betrieb.¹²¹

Autonomie durch regionale Kooperation

62

Das Stuttgarter Modell, Supercomputing in einem Universitätsrechenzentrum anzubieten, war durch das Top-500-Ranking unter Druck geraten. Ein neuer, zeitgemässer Spitzenrechner war noch immer nicht in Sicht. Die Dynamik im Herstellermarkt durch die neuen japanischen Anbieter sowie die in der Community eifrig diskutierte Frage, ob Workstation-Cluster nicht eine preisgünstige Alternative zu den Rechnern im Spitzenbereich werden könnten, liessen die Risikoanteile im eigenen Handeln weiter ansteigen.¹²² In Stuttgart versuchte man den Druck mit einer organisatorischen und programmatischen Neukonfiguration des Rechenzentrums auszugleichen. Dieser Mechanismus war aus dem Erfahrungshaushalt des Rechenzentrums und der Universitätsleitung abrufbar.

Seit der Stiftung der Cray-2 hatte man den Betrieb von Höchstleistungscomputern im Rechenzentrum in verschiedene organisatorische Formen gegossen, die die Beziehungen zur Peripherie neu ausrichteten. Mit der Installation des Supercomputers wurde 1986 auch der Bereich «Wissenschaftlich-Technisches Rechnen» im Rechenzentrum eingerichtet und die neue Leitungsposition des «Wissenschaftlichen Direktors» geschaffen. Besetzt wurde diese Position mit dem Inhaber der Professur für Anwendungen der Informatik im Maschinenwesen an der Universität Stuttgart, Roland Rühle. Mit dem Instrument der Personalunion sollte «eine Anbindung des Rechenzentrums an Forschung und Lehre»¹²³ in der Universität hergestellt wer-

den. Mit anderen Worten: Für die Kapazitäten des Supercomputers wollte man vor Ort neue Nutzerinnen und Nutzer finden. Drei Jahre später, 1989, ging es darum, die Landesregierung Baden-Württemberg zu motivieren, «rechtzeitig die Beschaffung» des Nachfolgerechners der Cray-2 in Gang zu setzen. Dafür versprach das Rechenzentrum, ein «Zentrum zur Simulation wissenschaftlich-technischer Systeme»¹²⁴ zu gründen. Der Empfehlung der Zukunftskommission, eine stabile Verbindung bis nach Karlsruhe zu bauen, wollte man in Stuttgart am Ende nicht folgen. Von einem gemeinsamen Zentrum für Simulation war bald auch nicht mehr die Rede.¹²⁵

Stattdessen richtete man in Stuttgart wieder neue Verbindungen zwischen der eigenen Universität und ihrem Rechenzentrum ein. 1993 wurde der Öffentlichkeit das Kompetenzzentrum für Höchstleistungsrechnen vorgestellt.¹²⁶ Dazu wurden das Institut für Computeranwendungen II (ICA II), das Institut für Parallele und Verteilte Höchstleistungsrechner (IPVR) und das Rechenzentrum (RUS) miteinander verbunden.¹²⁷ Der Zweck des Zentrums bestand in der «interdisziplinären Weiterentwicklung des Hochleistungsrechnens und seiner Anwendungen in der Forschung und industriellen Entwicklung».¹²⁸

Das Rechenzentrum erwarb durch diese Verbindungen in die Universität Stuttgart Kompetenzen im parallelen Rechnen, es gewann für Förderprogramme den Status einer eigenständigen Forschungseinheit und intensivierte seine Arbeitsbeziehungen zur regionalen Automobilindustrie. Die Kooperationen im Kompetenzzentrum sollten zu einer gesteigerten Autonomie des Stuttgarter Supercomputing führen.

Durch die Zusammenarbeit mit den beiden Universitätsinstituten konnte man nun auch im Rechenzentrum massiv-paralleles Höchstleistungsrechnen ausprobieren. Man hatte zwar Erfahrung mit «moderater Parallelität»¹²⁹ einer Cyber 205 oder

einer Cray-1 gesammelt und mit der Cray-2 verfügte das RUS über eine Maschine mit mehreren Prozessoren, die unabhängig voneinander Jobs erledigen oder gleichzeitig an einem Programm arbeiten konnten.¹³⁰ Auch das Konzept massiv-paralleler Rechnerarchitekturen war nicht unbekannt, schliesslich gab es seit den Siebzigerjahren die berühmte Illiac IV aus Illinois.¹³¹ «Die Idee dazu ist alt»,¹³² konstatierte auch der Abteilungsleiter für paralleles Rechnen am RUS, Alfred Geiger, um anschliessend seinem an Vektorrechner gewöhnten Nutzerkreis zu erklären, weshalb das «RUS, IPVR und ICA II» im Dezember 1992 «gemeinsam eine intel Paragon XP/S-5 installieren»¹³³ wollten.

Die Vorteile paralleler Rechnerarchitekturen, so Geiger, «liegen auf der Hand».¹³⁴ Weil parallele Systeme sich mit Standardbauteilen beliebig ausbauen liessen, also die Skalierbarkeit der Systeme «und damit die potenzielle Leistungsfähigkeit der Rechner nahezu unbeschränkt» seien, könne mit diesen Supercomputern «für dasselbe Geld» eine «wesentlich höhere Bruttoleistung erreicht werden».¹³⁵ Theoretisch waren Parallelrechner schneller als Vektorrechner. Praktisch hatten sie jedoch ein Zeitproblem bei der Vorbereitung.¹³⁶ Ihre Jobs mussten zunächst parallelisiert werden, andernfalls lag die Systemleistung der Rechner deutlich unter den Erwartungen. Wollte man diese Differenz zwischen Praxis und Theorie ausgleichen, mussten die Nutzer in ihren komplexen Problemen zunächst Parallelitäten finden und diese anschliessend auch noch in Algorithmen übersetzen. Vektorrechner verfügten für diesen Schritt über langjährig getestete und standardisierte Compiler, die die Nutzer in ihrer Problemübersetzung unterstützten. Die speziellen Anforderungen für unterschiedliche Parallelrechnerarten – Workstation-Cluster oder Supercomputer – sowie die verschiedenen Programmiermodelle führten also zu einem beträchtlichen «Aufwand auf der Softwareseite».¹³⁷ Der Betrieb von massiv-parallelen Supercomputern

tern war aufwendiger als die eingespielten Routinen im Bereich der Vektorrechner. «Programmieren effizienter Programme im technisch-wissenschaftlichen Bereich wird nicht einfacher, sondern schwieriger»,¹³⁸ so das Fazit des RUS-Direktors Rühle. Die Nutzung von Parallelität hing von den «Anstrengungen des Benutzers» ab.¹³⁹ Das war für den Betrieb des Rechenzentrums das überraschende Resultat der gewonnenen Erfahrungen mit der neuen Computerarchitektur: Paralleles Rechnen bedeutete die Rückkehr des Benutzers.

Die Nutzerinnen und Nutzer mussten für das massiv-parallele Rechnen die ihnen im integrativen Betriebskonzept des RUS zugewiesenen Arbeitsplatzrechner verlassen und zurück ins Rechenzentrum kommen. Sie mussten sich wieder darum kümmern, auf welchem Superrechner ihre Jobs gerechnet wurden. Paralleles Supercomputing konnte von den Nutzern nicht aus der Distanz durchgeführt werden. Es brauchte die Nähe zu den Maschinen und Möglichkeiten des Eingriffs in die einzelnen Verarbeitungsschritte, um die Latenzzeiten zwischen den Prozessen so gering wie möglich zu halten. Die Beziehung zwischen den Parallelrechnern und ihrer potenziellen Nutzergemeinschaft musste daher im Rechenzentrum sorgsam eingerichtet werden, sollte mit den neuen Maschinen nicht auch das bisherige Betriebskonzept überflüssig werden.

Diese Aufgabe oblag dem Kompetenzzentrum. Weil die Benutzerunterstützung im massiv-parallelen Rechnen «den Rahmen einer Beratung bei weitem übersteigen würde»,¹⁴⁰ musste nach neuen Organisationsformen für den Betrieb gesucht werden. Auch hier sollte durch Kooperation das Zentrum gestärkt werden und man entschied, dass der Betrieb im Bereich paralleler Rechnerarchitekturen «die Form von Projektpartnerschaften annehmen»¹⁴¹ sollte. Die Nutzung der Maschinen und die «Entwicklungsarbeit»¹⁴² an den Problemen im parallelen Rechnen

wurden arbeitsteilig in Form von Projekten zwischen Rechenzentrum und Universität organisiert.

Neben der Intel-Paragon-Maschine beschaffte man 1992 in Projektform auch den IBM-RS/6000-Cluster PARIS. Am Projekt zur Parallelität auf Workstations waren das RUS, der Sonderforschungsbereich 259 «Hochtemperaturprobleme rückkehrfähiger Raumtransportsysteme» aus dem Bereich Maschinenbau und Produktionstechnik, das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR) sowie die IBM beteiligt. Ein weiterer Parallelrechner, die Cray T3D, wurde 1995 in Kooperation von RUS, dem Institut für Computeranwendungen III und Cray Research gekauft.¹⁴³

55

Auch symbolisch wurde die Kooperationsstrategie abgesichert (Abb. 9). In einer Ausgabe der *BI. Informationen für Nutzer des Rechenzentrums* machte Alfred Geiger die Nutzerinnen und Nutzer des Rechenzentrums in Wort und Bild mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bekannt, «die versuchen werden, Sie bei Ihren Problemlösungen zu unterstützen».¹⁴⁴ Wenn auch einige Mitarbeiter ohne Abbildung blieben, erfuhren die Leserinnen und Leser, dass beispielsweise Manuela Sang für die «Benutzerunterstützung (Parallelisierung, Libraries und Anwendungen) auf dem PARIS Cluster zuständig» war und «ausserdem für alle Fragen, die mit den Tool PVM und FORGE 90 zusammenhängen».¹⁴⁵ Oder sie lernten Manuela Zürn aus der Abteilung Numerik für Höchstleistungsrechner kennen, die ein von der Europäischen Gemeinschaft gefördertes Projekt zur Portierung eines CFD-Codes auf Parallelrechner bearbeitete. Die Leserschaft wusste schliesslich auch, dass Gabriele Schulz-Ziemer in einem Projekt arbeitete, «bei dem zum ersten Mal die Programmiermodelle HPF»¹⁴⁶ auf einem Parallelrechner für ein praxisrelevantes Problem eingesetzt wurden.¹⁴⁷ Die Autonomie des Benutzers im massiv-parallelen Rechnen setzte viel Personal im Rechenzentrum voraus.



Abb. 9: Das Personal des Computers 1995: «Womit können wir Ihnen helfen?»

Das Rechenzentrum erhielt nun auch eine Vergangenheit im parallelen Rechnen. Durch die Verbindung mit den Instituten konnte man behaupten, dass in Stuttgart bereits massiv-parallel gerechnet wurde, «als es für diese Art der Verarbeitung noch gar keinen Namen gab».¹⁴⁸ Obwohl man im Rechenzentrum erst seit 1992 über einen parallelen Rechner verfügte, ging die Beschäftigung mit Problemen der Parallelität doch «bis weit in das vorige Jahrzehnt zurück».¹⁴⁹ Die Forschungsprojekte im Kompetenzzentrum integrierten zudem neue Anwender innerhalb und ausserhalb von Stuttgart in das Rechenzentrum. Die Abteilung Computersimulation und Visualisierung am Institut für Computeranwendungen von Rühle arbeitete beispielsweise in einem «gemeinsamen Projekt mit der Firma Daimler Benz AG» an der «Integration von Berechnungsprogrammen».¹⁵⁰ Neben Porsche hatte man damit auch zarte Bande mit dem grössten regionalen Autohersteller geknüpft. Drei Ingenieure des Studiengangs Angewandte Mathematik im Maschinenwesen arbeiteten im Pro-

jekt als freie Mitarbeiter bei Daimler Benz, wie die Rektorin nicht ohne Stolz im Rechenschaftsbericht vermeldete.¹⁵¹

Die Einbindung des Rechenzentrums in die Institutsstrukturen der Universität hatte das RUS zu einer autonomen Forschungseinrichtung gemacht. Über das EU-Projekt «PAGEIN – Pilot Applications in a Gigabit European Integrated Network» (1992–1995) wurde das französische Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) zu einem Kunden, ebenso die Deutsche Aerospace Airbus im EU-Projekt «ADONNIS – A Demonstration Of New Networking Integrated Services» (1994–1996). Im gleichen Zeitraum war das RUS auch an mehreren Sonderforschungsbereichen und an Projekten in Landesforschungsschwerpunkten beteiligt.¹⁵² Als Nebeneffekt der vielfältigen Forschungskoope-
68 ration erschloss das Rechenzentrum neue externe Geldquellen aus europäischen und nationalen Förderprogrammen. Damit wurde es möglich, «strategische Entwicklung zu betreiben, die aus eigenen Mitteln nicht möglich»¹⁵³ gewesen wäre.

Stuttgarter Doppelbeschluss

Vernetzung und Kooperation waren die bestimmenden Koordinationsformen im Betrieb des Stuttgarter Supercomputing in den frühen 1990er-Jahren. Im Kompetenzzentrum wurden Projekte, Erfahrungen und Fähigkeiten im massiv-parallelen Rechnen sowie der Zugang zu Höchstleistungsrechnerkapazitäten zwischen den Universitätsinstituten, der lokalen Automobilindustrie und dem Universitätsrechenzentrum wechselseitig ausgetauscht. Das Rechenzentrum reduzierte durch dieses Beziehungsnetzwerk die Unsicherheiten hinsichtlich der Entwicklungen im Bereich der Rechnerarchitekturen und der Programmierung massiv-paralleler Algorithmen und Software. Doch auch mit dem Kompetenzen-

trum konnte man in Stuttgart noch keine Nachfolgemaschine für die Cray-2 anbieten. Die Frage lag nahe: Könnte man das Modell der Kooperation und Vernetzung nicht auch für die Finanzierung eines künftigen Spitzenrechners nutzbar machen, der auf den vorderen Plätzen des Top-500-Rankings landen würde?

Die Kommission für Rechenanlagen der DFG hatte den Stuttgarter Antrag, einen Spitzenrechner der obersten Leistungsgrenze zu beschaffen, prinzipiell «als erstrebenswert angesehen».¹⁵⁴ Sowohl die DFG als auch der Wissenschaftsrat waren jedoch der Meinung, «dass ein solcher Rechner nicht nur für Baden-Württemberg, sondern für die Universitäten der gesamten BRD zugänglich sein sollte».¹⁵⁵ Supercomputing, das verdeutlicht diese Forderung der DFG, war zu einem attraktiven Handlungsfeld der Bundespolitik geworden. Die Rechenzentren, die Supercomputer der obersten Leistungsklasse betrieben und dafür stets an brauchbaren Finanzierungsmodellen für die Beschaffung ihrer teuren Maschinen interessiert waren, begriffen die neue Aufmerksamkeit als Gelegenheit. Sie trieben die Verwandlung des Supercomputers in ein Objekt der Demonstration nationaler Wettbewerbsfähigkeit voran.

Die «Initiative High Performance Scientific Computing», in der sich das Who's who des bundesdeutschen Supercomputing von Hamburg bis nach München versammelte, unterbreitete der Bundespolitik ein entsprechendes Angebot. Das Memorandum hielt gleich zu Beginn die «Schlüsselrolle» des Höchstleistungsrechnens fest.¹⁵⁶ Die Bundes- und Landespolitiker konnten dort lesen, dass die Computer der obersten Leistungsklasse für «die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Volkswirtschaft» eine «entscheidende Bedeutung gewinnen».¹⁵⁷ Das Top-500-Ranking stellte der Politik einen ebenso einfachen wie übersichtlichen Indikator zur Verfügung, mit dem die Wettbewerbsfähigkeit für alle sichtbar demonstriert werden konnte. Zwar war das Ergebnis der ersten Rankings für die Bundesrepub-

lik ernüchternd ausgefallen. 1994 erreichten die deutschen Spitzenrechner «weniger als 7 % der Leistung, die das weltweit führende Rechnersystem»¹⁵⁸ bot. Im «internationalen Vergleich» fiel die Bundesrepublik damit nicht nur hinter Japan und die USA zurück, «sondern auch hinter Frankreich, Grossbritannien, Italien und Schweiz sowie Kanada und Korea».¹⁵⁹ Mit dem Kauf einer einzigen neuen Maschine – dieser verführerische Gedanke ergab sich aus dem halbjährlichen Erscheinen des Top-500-Rankings – könnte die Bundesrepublik aber schon morgen in die Weltspitze zurückkehren. Es kam dem Bund deshalb einzig auf diejenigen Rechenkapazitäten an, «die international der höchsten Leistungsklasse zuzuordnen sind».¹⁶⁰

In der Semantik eines nationalen Supercomputing mag zwischen der Bundespolitik und den Rechenzentren Einigkeit geherrscht haben, doch die Finanzierung und der Betrieb künftiger Höchstleistungsrechner war damit noch nicht gesichert. Die Wiedervereinigung band nicht nur Aufmerksamkeitsressourcen und erhöhte in der Förderpolitik die Zahl antragsberechtigter Hochschulen. Selbst in Baden-Württemberg sah man «schwierigen wirtschaftlichen Zeiten» unter den Bedingungen «knapper Haushaltsmittel»¹⁶¹ entgegen. Dennoch verschob der Bund die Zuständigkeit für die Finanzierung des Stuttgarter Supercomputers in die Länder. Dem bundesdeutschen Föderalismus legte er damit ein veritables Problem vor. Einerseits sollte der Stuttgarter Spitzencomputer bundesweit allen Hochschulen zugänglich sein, andererseits sollte das Land Baden-Württemberg die Maschine finanzieren. Damit ergab sich die Frage, wie «eine Beteiligung aller Bundesländer an einem gemeinsamen Rechner in Stuttgart erreicht werden»¹⁶² könne.

Der Vorschlag des Wissenschaftsrats, «Zentren zur überregionalen Versorgung von Wissenschaft und Forschung mit Höchstleistungsrechenkapazität»¹⁶³ zu errichten, war in dieser Situation

wenig hilfreich. Die Forderung, Bundesländer und Hochschulen möchten doch prüfen, «ob die Planung im Verbund mehrerer Länder vorzunehmen ist»,¹⁶⁴ war wenig überzeugend, wenn im gleichen Papier ein «Wettbewerb zwischen den Standorten»¹⁶⁵ gefordert wurde. Auch wenn der Bund aufgrund der «besonderen technologischen Bedeutung» dem Supercomputing «eine zusätzliche Projektfinanzierung» ausserhalb des Hochschulbauförderungsgesetzes zugestand, die Anträge für ein nationales Supercomputerzentrum also «nicht auf das Anmeldevolumen des jeweiligen Landes im HBFÜG angerechnet» wurden,¹⁶⁶ blieb die Frage nach dem Anteil der Finanzierung durch das «Sitzland» nach wie vor offen. Der gordische Knoten des nationalen Höchstleistungsrechnens musste vor Ort, in Baden-Württemberg und in Stuttgart, durchschlagen werden.

Das in Stuttgart erprobte Modell der Kooperation und Vernetzung für den Betrieb von Höchstleistungsrechnern war attraktiv für diese Aufgabe. Es versprach, die diversen Interessenlagen zu berücksichtigen und die geforderten Beteiligungen von Bund, Land und Hochschule zu regeln. Damit die Universität Stuttgart weiterhin ein konkurrenzfähiger Standort für Supercomputing bleiben konnte, musste das lokale Modell auf die bundespolitische Problemlage skaliert werden. Um dabei nicht die Bodenhaftung zu verlieren, schien es angebracht, sich noch einmal der eigenen Identität zu versichern. Was war der Auftrag des Rechenzentrums? Was hatte man erreicht und wie sollte man in die Zukunft blicken?

Diese Fragen beantwortete eine Broschüre aus dem Jahr 1994, die den schlichten Titel *Das Rechenzentrum der Universität Stuttgart* trägt. Schon der erste Satz der Broschüre verband Gegenwart und Vergangenheit, errichtete für die Verfasser wie für die Leserschaft einen trittsicheren Grund. «Ziel des Regionalen Rechenzentrums der Universität Stuttgart (RUS) ist und war es stets, seinen Kun-

den die jeweils leistungsfähigsten Rechenanlagen für wissenschaftlich-technische Berechnungen zur Verfügung zu stellen.»¹⁶⁷

72 Sodann wurden die leistungsfähigsten Maschinen in chronologischer Reihenfolge aufgeführt: «CDC-6600 der Firma Control Data, CRAY 1/M, CRAY-2 bis zur heutigen C94D mit 8 Gbyte Hauptspeicher sind dabei die bedeutendsten Marksteine.»¹⁶⁸ Nach diesem zweiten Satz brach die Beschreibung der eigenen Supercomputerherrlichkeit ab. Der Akzent lag nun auf dem Auftrag der regionalen Grundversorgung, der Nähe und Zusammenarbeit mit den Nutzern sowie der lokalen Problemlösungskompetenz. Es ging um «Betriebssicherheit, Servicequalität und Verfügbarkeit», um den Export von Rechenzeit, die «auch Benutzern ausserhalb Stuttgarts angeboten» wurde, um die Netzwerkinfrastruktur und schliesslich um das «Datenmanagement» im Konzept dezentralen Rechnens.

Der Grundversorgungsauftrag des RUS kam auch in dem simplen Organisationsplan zum Ausdruck, der die Abteilungen, Aufgabenbereiche und personellen Zuständigkeiten am Rechenzentrum abbildete. An der Spitze stand Roland Rühle, das Fundament bildeten die drei Abteilungen «Höchstleistungsrechnen», «Service und Netze» und «Grunddienste». Die Leserschaft konnte sehen, dass das Regionale Rechenzentrum weit mehr als nur Supercomputing zu bieten hatte. «Wir hoffen, mit dieser Organisation die Herausforderungen der nächsten Jahre bestehen zu können.»¹⁶⁹ Mit diesem Satz entliess die Einleitung ihre Leser in die detaillierten Aufzählungen der Dienstleistungen und laufenden Forschungsvorhaben am RUS.

Die Hoffnung des Direktors wurde enttäuscht. Die Skalierung des Kooperationsmodells auf die bundespolitische Ebene zerbrach die bisherige organisatorische Struktur des Rechenzentrums. Wurde die Vernetzung zuvor durch persönliche Kontakte zwischen den Beteiligten oder durch das Instrument der

Personalunion zwischen Rechenzentrum und Universitätsinstituten abgestützt, bedeutete die Ausrichtung auf das nationale Supercomputing eine beträchtliche Ausweitung der Kooperation auf die Bundes- und Landespolitik sowie die Industrie. Für das neue Kooperationsmodell wurden juristisch, politisch und ökonomisch belastbare Verbindungen benötigt. Das war mit den bisherigen Organisationsformen, die allein auf den regionalen Betrieb des Höchstleistungsrechnens ausgerichtet waren, nicht mehr zu leisten.

Das nationale Supercomputing in Stuttgart begann mit der Gründung von zwei neuen Organisationen.¹⁷⁰ 1995 wurde die «Höchstleistungsrechner für Wissenschaft und Wirtschaft – HWW GmbH» (hww) gegründet, 1996 das Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS). Das Prinzip der Trennung von Investition und Rechenzeit strukturierte das nationale Supercomputing in Stuttgart. Die Aufgabe der hww bestand darin, die Investitionen für die zukünftigen Supercomputer zu sichern. Das HLRS wiederum war für die Verteilung der Rechenzeit an bundesdeutsche Universitäten und Forschungseinrichtungen zuständig.

Was nach schlichter Ausdifferenzierung von Organisationsfunktionen klingt, war ein konfliktreicher Vorgang. In ihrer Rede zum Festakt der Eröffnung des HLRS hielt die Rektorin Heide Ziegler resümierend fest: «Hinter uns liegt eine mehrjährige Phase der Planung und der Vorbereitung, der Diskussion und manchmal auch des Streits.»¹⁷¹ Bei der Gründung des HLRS konnte man immerhin noch auf die etablierten Kooperationsnetzwerke an der Universität Stuttgart zurückgreifen, auch wenn diese etwas lose geworden zu sein schienen. So verwies die Rektorin auf die «langwierige und letztlich erfolgreiche interdisziplinäre und inter-institutionelle Anstrengung», die für die Einrichtung des HLRS notwendig waren.¹⁷² Anders musste es bei der Gründung

der hww zugegangen sein. Was später als vorbildhaftes Kooperationsmodell zwischen Wissenschaft und Wirtschaft von der Landesregierung gefeiert werden sollte, erfüllte wohl lange alle Tatbestände kommunikativen Scheiterns. Schrieb sie im Jahresbericht noch zurückhaltend von der hww als einer Firma mit einem «etwas komplizierten (weil mühsam ausgehandelten) Namen»,¹⁷³ wurde die Rektorin in ihrer Eröffnungsrede schon deutlicher. Wahrscheinlich blickten einige Herrschaften betreten auf den Boden, als sie sich explizit bei denjenigen bedankte, «die mit der langwierigen und wegen der Verschiedenheit der Kulturen teilweise fast unlösbar scheinenden Aufgabe des Entwurfs der hww GmbH befasst waren».¹⁷⁴

Andernorts blickte man wesentlich euphorischer auf das neue Stuttgarter Organisationsmodell für den Betrieb eines nationalen Höchstleistungsrechenzentrums. Beobachter der bundesdeutschen HPC-Community interpretierten die Gründung der hww als «Stuttgarter Coup».¹⁷⁵ Von «ganz oben eingefädelt», man «munkelte von Edzard Reuter (Daimler) und Erwin Teufel (Baden-Württemberg)»,¹⁷⁶ demonstrierte die hww exemplarisch die zeitgemäss kapitalistische Form der Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Die GmbH war nach einem Shareholder-Modell konstruiert. Das Land Baden-Württemberg, die Universität Stuttgart, die Daimler-Tochter, der IT-Dienstleister debis Systemhaus und Porsche waren zu unterschiedlichen Anteilen als Gesellschafter bei der Gründung beteiligt.¹⁷⁷ Zwei Bedingungen wurden an das Kooperationsmodell geknüpft. Zum einen sollten Beteiligungen für weitere Hochschulen offengehalten werden. In der Landesregierung in Baden-Württemberg stand hierbei die Universität Karlsruhe hoch im Kurs.¹⁷⁸ Zum anderen sollte im Beteiligungsmodell stets die Parität zwischen Industrie und Wissenschaft gewahrt bleiben, jede Seite sollte maximal 50 Prozent des Stammkapitals halten. Der Vorsitzende des

Gesellschafterbeirats, den das Land Baden-Württemberg stellte, überwachte diese Beteiligungsregeln.¹⁷⁹

Ganz anders, nämlich nach den Bedingungen des bundespolitischen Proporz, war das neue Höchstleistungsrechenzentrum HLRS organisiert.¹⁸⁰ Die Interessen zwischen Bund und Ländern, zwischen den Hochschulen in Baden-Württemberg und der Universität Stuttgart mussten in Fragen der Verteilung von Rechenzeit sorgfältig austariert werden. Auch die Exklusivität des Angebots musste garantiert werden. Die Betreiber sollten darauf achten, «dass die neuen Höchstleistungsrechner ausschliesslich für grosse Probleme, die sonst auf keinem Rechner ausgeführt werden können», genutzt wurden.¹⁸¹ Das zentrale Organ des HLRS hierzu war der Lenkungsausschuss. Er setzte sich aus zwölf Mitgliedern zusammen, wovon sechs Mitglieder von der DFG und sechs Mitglieder von der Landesrektorenkonferenz Baden-Württemberg ernannt wurden.¹⁸² Das paritätische Gremium sollte Regeln für die Vergabe von Rechenkapazität aufstellen, über Projektanträge für die Vergabe entscheiden sowie bei der Auswahl von Hard- und Software mitreden dürfen.¹⁸³ Der Lenkungsausschuss sollte die Trennung von Investition und Rechenzeit sicherstellen und die Vergabe der festgelegten Nutzungskontingente regulieren: Knapp 50 Prozent der Gesamtkapazität wurden für Nutzer aus der Bundesrepublik reserviert; circa 30 Prozent für die Hochschulen in Baden-Württemberg, etwa 20 Prozent für den lokalen Bedarf an der Universität Stuttgart und nur acht Prozent der Gesamtkapazität standen der Industrie zur Verfügung.¹⁸⁴

Die Kooperative hww-HLRS erschuf ein nationales Höchstleistungsrechenzentrum, auf das alle Beteiligten – der Bund, das Land Baden-Württemberg, die Universität Stuttgart und die Industrie – ihr Handeln ausrichten konnten. Die Bundespolitik konnte mit diesem Zentrum ihren Anspruch auf die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im globalen High-Performance-

Computing hervorheben. Die Binnendifferenz von hww und HRLS manifestierte die systemübergreifenden Kooperationen zwischen Bund und Ländern sowie zwischen Industrie und Wissenschaft. Und die Universität Stuttgart bekam mit dem «Superzentrum»¹⁸⁵ eine exklusive Einrichtung für das Rechnen an den Grenzen der Berechenbarkeit.

76 Den Grundauftrag der Versorgung der Universität mit Rechenkapazität übernahm der neue Bereich «Universitätsrechenzentrum» am RUS. Auch die lokalen Nutzer, mit denen man noch bis vor kurzem in zahlreichen Projekten eng zusammenarbeitete, traf die neue Exklusivität des Stuttgarter Höchstleistungsrechnens. Sie wurden nun unterschiedslos zu Kunden im bundesdeutschen Höchstleistungsrechenbetrieb. Die Professur für adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrt an der Universität Stuttgart musste ihre Rechenzeitkontingente nun genauso beim neuen Lenkungsausschuss des HLRS beantragen wie der Lehrstuhl für mechanische Verfahrenstechnik an der Universität Kaiserslautern oder der Arbeitsbereich Flugzeugsystemtechnik an der Technischen Universität Hamburg-Harburg.

Das neue Höchstleistungsrechenzentrum hingegen funktionierte als virtuelles Zentrum. Es war für seine «Funktionsfähigkeit» auf andere Organisationen angewiesen.¹⁸⁶ Das HLRS, so stand es im Betriebskonzept, besass keine eigenen Rechner, sondern kaufte von der Betriebsgesellschaft Rechenzeit und gab sie zu den vom Lenkungsausschuss festgesetzten Konditionen an die wissenschaftlichen Nutzer weiter.¹⁸⁷ Auch die Verantwortlichkeiten wurden dezentral organisiert. Für den Lenkungsausschuss übernahm das HLRS die Geschäftsstelle, doch organisatorisch angebunden war der Ausschuss beim Ministerium für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg. Zudem war das neue Zentrum mit weiteren bundesdeutschen Kompetenzzentren im Bereich des Höchstleistungsrechnens verbunden, um «eine Be-

teilung aller Interessenten an der Arbeit des Höchstleistungsrechenzentrums» zu erreichen.¹⁸⁸ Und auch die Verbindung mit der lokalen Basis liess sich neu gestalten. «Um den Anforderungen des Bundes-Höchstleistungsrechenzentrums in Stuttgart gerecht zu werden», hiess es lapidar im Rechenschaftsbericht der Rektorin Ziegler, «hat das RUS einen Bereich Höchstleistungsrechnen und einen Bereich Universitätsrechenzentrum geschaffen.»¹⁸⁹ Das Bundesrechenzentrum hatte das Stuttgarter Supercomputing von allen vormaligen Bindungen gelöst, es bundesweit erreichbar gemacht und die Zuständigkeiten für den Betrieb gesellschaftsweit verteilt.

Das verschachtelte Kooperationsmodell hww-HLRS war mit dem Willen zur Vorbildwirkung gebaut. Es sollte als Modellfall für den Betrieb von Spitzenrechnern im globalen Wettbewerb auf andere Zentren ausstrahlen. Kein Ereignis strahlte dabei heller als die Landespressekonferenz am 30. Januar 1996. Die Führungsriege aus Politik und Wirtschaft in Baden-Württemberg versammelten sich in den engen Räumlichkeiten am Rechenzentrum der Universität Stuttgart. Gekommen waren der Ministerpräsident des Landes, Erwin Teufel, und sein Wissenschaftsminister Klaus von Trotha. Aus der Industrie nahmen auf dem Podium in der ersten Reihe Platz der Leiter der Konzernforschung «Informationstechnik» von Daimler Benz, Gerhard Barth, der Finanzvorstand von Porsche, Walter Gnauert, sowie der Aufsichtsratsvorsitzende der Energie-Versorgung Schwaben AG (EVS), Wilfried Steuer, der auch als Leiter der gerade erst von den regionalen Energieversorgern gegründeten «Communicationsnetz Sued-West GmbH» vorgestellt wurde.¹⁹⁰

Den zahlreichen Medienvertretern wurde einiges verkündet, zum Beispiel das Konzept des Bundesrechenzentrums und die Investition von 42 Millionen D-Mark ins Hochgeschwindigkeitsnetz.¹⁹¹ Im Mittelpunkt aber stand die Ankündigung einer weite-

ren systemübergreifenden Kooperation. Mit Hilfe der hww hatte man Verträge mit der Firma Cray über einen neuen Parallelrechner und mit der japanischen Firma NEC über einen neuen Vektorrechner abgeschlossen. Nach vielen Jahren hatte man nun endlich die Nachfolge der Cray-2 in Stuttgart geregelt. Der Stuttgarter Doppelbeschluss wurde aufwendig inszeniert. «Nach der anfänglichen, für eine Landespressekonferenz üblichen, Befragung des Ministerpräsidenten zu aktuellen landes- und bundespolitischen Themen durch die anwesenden Journalisten», notierte das lokale Informationsbulletin für die Nutzer am RUS, «wurden zwei ISDN-Videokonferenzen zu Cray Research in Minneapolis und zu NEC in Tokyo geschaltet.»¹⁹² Zwischen dem Ministerpräsidenten und dem Wissenschaftsminister platziert, begrüßte die Rektorin der Universität Stuttgart die auf zwei Bildschirmen und einer Leinwand zugeschalteten Phil J. Samper (Cray) und Masao Toka (NEC) mit einem herzlichen «Welcome to Stuttgart». Für den Abschluss der Pressekonferenz führte man nochmals demonstrativ die eigenen Stärken und Kompetenzen vor. Die Teilnehmer konnten «auf einer Stereoprojektionsleinwand die dreidimensionale Darstellung der Flugzeuggeometrie sowie deren Einfärbung gemäss Druckverteilung auf der Oberfläche verfolgen».¹⁹³ Die an diesem Projekt beteiligten Forschungspartner waren dabei über die gleichzeitige Videokonferenzschaltung auf der Leinwand zu sehen.¹⁹⁴

Die Inszenierungskraft des Stuttgarter Kooperationsmodells für das nationale Höchstleistungsrechnen blieb keineswegs auf die Demonstrationen der technischen Machbarkeit im Rahmen der Landespressekonferenz beschränkt. Der «Modellcharakter»¹⁹⁵ der Stuttgarter Kooperation sollte auch jenseits des nationalen High-Performance-Computing strahlen. Zum Anlass der Einweihung des HLRS am 12. September 1996 dachte Wissenschaftsminister von Trotha laut über die Vorbildwirkung des neuen Zen-

trums für andere Bereiche der Wissenschaftspolitik nach. Das HLRS begriff er «als gutes Beispiel für eine zukunftsweisende Hochschulpolitik, da hier Aufgaben der Hochschule auf exemplarische Weise privatisiert werden».¹⁹⁶ Auch in der Tatsache, dass das HLRS «über keine eigenen Rechner verfügt» und «insofern ein «virtuelles Rechenzentrum» ist», erkannte der Wissenschaftsminister das Exemplarische: «Ebenso wie die Nutzer im Rechenzentrum werde auch der Studierende der Zukunft seltener in der Hochschule angetroffen.»¹⁹⁷ Der neue Betrieb des nationalen Supercomputing in Stuttgart war in den 1990er-Jahren zu einem brauchbaren Vorbild der baden-württembergischen Politik geworden.

Verbund als Rettung (1997–2005)

An der Landespressekonferenz vom Januar 1996 waren alle aufgetreten, die mit der grossen Zukunft des HLRS rechneten: der Ministerpräsident, die Rektorin, die Vertreter der Automobilindustrie, die Leitungsbauer der Elektrizitätswirtschaft, der langjährige Direktor des RUS und viele andere mehr. Je ein Manager der NEC und von Cray wurden zu nachtschlafender Stunde beziehungsweise lange vor Tagesanbruch aus Tokio und aus Minnesota zugeschaltet. Es konnte gar nicht auffallen, dass dem Bund keine Redezeit eingeräumt wurde. Ob das aus Gründen der protokollarischen Vereinfachung geschah oder ob die nationale Komponente des HLRS doch noch nicht ganz in trockenen Tüchern war – es kann nicht mit Sicherheit eruiert werden.¹⁹⁸

Vielleicht wollte man es auch nicht übertreiben. Gesichert war immerhin der noble Titel «Bundes-Höchstleistungsrechenzentrum», gesichert die Anschaffung der neuen Maschinen. Und die Industrie hatte sich endlich zur Gründung der hww bewegen lassen. Roland Rühle konnte stolz sein auf die langfristige Absicherung des High-Performance-Angebots in Stuttgart – nach unendlich vielen Sitzungsstunden, Konzeptpapieren, Vorträgen, Telefonaten, Berichten, Anträgen und Interviews. Es würde so weitergehen. Die Kombination aus HLRS und hww eröffnete aber immerhin eine vielversprechende buchungstechnische Flexibilität bei der Zusammenarbeit zwischen Universität und Industrie, und die fast gleichzeitig beschafften Maschinen, der Vektorrechner NEC SX4 und die Cray-3TE-Anlage für massiv-paralleles Prozessieren, versetzten Stuttgart in die Lage, sowohl über ein etabliertes als auch über ein experimentelles HPC-Angebot zu ver-

fügen. Zudem war Stuttgart nun wirklich an der Spitze angelangt, auch im Top-500-Ranking.¹⁹⁹

82 Dass die Bundesmittel nicht in jedem Haushaltjahr für mehrere dieser Anlagen reichen würden, war kein Geheimnis. Klar war auch, dass es in Stuttgart gar nicht so viel zu rechnen gab, wie man es fortan würde tun können. Was hier und später in München und Jülich im Namen des Bundes installiert wurde, erzeugte eine beispiellose kalkulatorische Überkapazität. Man konnte nur hoffen, dass Institute in Hamburg, Aachen, Bochum, Hannover, Köln, Bonn, Karlsruhe oder Kiel, die alle leer ausgegangen waren, kräftig mithelfen würden, die neuen Maschinen auszulasten. Zum Glück waren in Chemnitz, Dresden, Erlangen, Karlsruhe, München und Saarbrücken neue DFG-Sonderforschungsbereiche und Schwerpunktprogramme entstanden, von denen sich ebenfalls erwarten liess, dass sie zum Abbau der Überkapazitäten beitragen konnten. Die Voraussetzung dafür war allerdings, dass die bestehenden Verbindungskapazitäten ausgebaut wurden.

Das kam dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gelegen. Die soeben neu konfigurierte Behörde begann sich beim High-Performance-Computing ein gut sichtbares wissenschaftspolitisches Feld zu erschliessen. Dazu könnte sich auch noch so etwas wie ein Highspeed-Network gesellen. Jedenfalls gab es Mitte der 1990er-Jahre keine Infrastruktur, für deren Aufbau sich leichter Argumente mobilisieren liessen. Es galt schlicht als zeitgemäss, sich für «nahtlose Verbindungen zwischen Netzwerken» einzusetzen, die wettbewerbsneutrale Sicherung von «Interoperabilität»²⁰⁰ zu versprechen oder von der grossen «Datenautobahn» zu schwärmen, die alles mit allem verbinden würde.²⁰¹ Statt sich also mit den diplomatischen Fragen einer Landespressekonferenz zu beschäftigen und dort im Namen des Bundes möglicherweise in eine etwas ambivalente Position zu geraten, beschäftigte sich das BMBF lieber mit der Frage,

wie man in naher Zukunft den bundesweiten Zugang zu einer kleinen Zahl von Bundeshöchstleistungsrechenzentren sichern könnte und wie das den Wettbewerb behindernde Postmonopol europäisch zu umfahren wäre.

Die Orientierungspunkte für die Konfigurationsarbeit hatten sich damit abermals verschoben. Nicht mehr die Herstellung von Zentralität oder die lokale Inszenierung von Leistungsfähigkeit waren das Problem im Supercomputing. Was man in Stuttgart Ende der 1990er-Jahre nochmals neu lernen musste, war der Umgang mit Heterogenität im Supercomputing. Das betraf nun die diversen Rechnerarchitekturen und vielfältigen Netzwerke ebenso wie die Differenz der rechenintensiven Disziplinen und die Betriebsformen an den jeweiligen Standorten in der Bundesrepublik. Die Orientierung an Heterogenität im dritten Konfigurationsmodell steigerte die Komplexität des Betriebs und verlangte nach neuen Abstraktionsleistungen. Wer mit der Heterogenität des Supercomputing in der Bundesrepublik rechnen wollte, musste viel Konzeptarbeit für den eigenen Betrieb leisten und Schnittstellen zu anderen Standorten bauen.

83

Machbarkeitsstudie für ein nationales HPC

Am 18. Dezember 1995 hatte die Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) ihre «Analyse zum Aufbau und Betrieb eines Höchstleistungsrechnerverbundes in der Bundesrepublik Deutschland» beim BMBF vorgestellt.²⁰² Die anschließende Diskussionsrunde hielt es für wünschenswert, dass dafür eine Machbarkeitsanalyse erstellt würde. Die GMD war offenbar (in den Augen des Bundesministeriums: einmal mehr) zu theoretisch und zu grundsätzlich vorgegangen und hatte sich nicht wirklich um die Realisierung gekümmert. So jedenfalls las Friedel Hoßfeld

vom Forschungszentrum Jülich das Protokoll vom 3. Januar 1996 und machte sich einige Monate später zusammen mit Peter Deuflhard und Jürgen Gottschewski (Konrad-Zuse-Zentrum in Berlin), Heinz-Gerd Hegering (Leibniz-Rechenzentrum München) und Roland Rühle (Rechenzentrum der Universität Stuttgart) an die Arbeit.²⁰³ Mit grossem Sicherheitsabstand zur GDM-Analyse präsentierten sie im Oktober 1997 ihre Machbarkeitsanalyse.²⁰⁴

Die Leiter von Hochleistungsrechenzentren waren es gewohnt, vom wissenschaftlichen Rechnen als einer «strategischen Disziplin» zu sprechen, die zwischen Mathematik und Datenverarbeitung vermitteln konnte. Diese Feststellung wurde ergänzt durch die oft wiederholte Behauptung, es lasse sich neben Theorie und Experiment eine dritte, ergänzende Säule wissenschaftlichen Forschens ausmachen, deren Methodik die Simulation, deren Instrument der Supercomputer und deren Hilfsmittel die Visualisierung darstelle. Schmücken liess sich die in Deutschland fast schon rituell gewordene wissenschaftshistorische Begründung für HPC-Anlagen mit dem etwas maliziösen Hinweis, dass das (inzwischen) auch vom Wissenschaftsrat erkannt worden sei.²⁰⁵

Tatsächlich hatte sich der Wissenschaftsrat bereits im Sommer 1995 in zwei separaten Berichten für die Versorgung von Wissenschaft und Forschung mit Höchstleistungsrechenkapazität und für eine leistungsfähige Datenkommunikation ausgesprochen.²⁰⁶ Denn nur damit könne Deutschland die «Grand Challenges» meistern. Dafür brauche jene Leistungspyramide, die sich die DFG in der bundesrepublikanischen Rechnerlandschaft wünschte, auch eine Spitze.²⁰⁷ Die Autoren der «Machbarkeitsanalyse» teilten diesen ziemlich weiten argumentativen Rahmen in kleinere Begründungsschritte ein und produzierten eine ganze Argumentationskette, die sich wie folgt paraphrasieren lässt: (1) In Deutschland weiss man eigentlich, dass es HPC braucht, denn ohne Supercomputer droht (2) der Rückfall in die wissen-

schaftliche Bedeutungslosigkeit. Auch der (3) Wissenschaftsrat hat das lange beraten und ist dann zu diesem naheliegenden Schluss gekommen. (4) Die DFG würde dem sicher zustimmen. Sie findet aber, (5) Computer seien in der Wissenschaft normal geworden. Darum trägt die DFG (6) nichts zur Bereitstellung von Spitzenrechnern bei. Sie hat (7) nicht einmal vor, eine Accelerated Strategic Computing Initiative (ASCI) zu entwickeln, wie sie die amerikanische NSF im Verbund mit dem US-Verteidigungsministerium lanciert hat. Leider wird (8) diese Unterlassung auch (noch nicht) durch das BMBF kompensiert. Immerhin folge «der Bund» dem Wissenschaftsrat insofern, als man (9) jetzt in Stuttgart endlich ein Höchstleistungsrechenzentrum (10) mit enger Kopplung an die Industrie einzurichten geholfen habe und mit der Betriebsgesellschaft hww ein «neuartiges Modell für die enge Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie auf dem strategischen Feld des Wissenschaftlichen Höchstleistungsrechnens in die faktische Erprobung überführt» habe.²⁰⁸

Die «Machbarkeitsanalyse» übernahm also die Begründungen des Wissenschaftsrats, kritisierte dabei die DFG und hielt das Bundesministerium als mögliche Finanzierungsquelle warm für das, was das zukünftige High Performance Scientific Computing (HPSC) ausmachen werde. Kompetenzstrukturen seien ja schon lange vorhanden und es gebe bedeutende «Kristallisationspunkte des Wissenschaftlichen Rechnens». Angesichts der «faktischen Existenz von Höchstleistungsrechenzentren nach den strukturellen und kapazitiven Vorstellungen des Wissenschaftsrates, nämlich der Supercomputerzentren in Jülich und Stuttgart, sowie angesichts von Plänen wie [denen] des LRZ in München und des ZIB in Berlin» erwachse nun aber auch ein «Klärungs- und Handlungsbedarf hinsichtlich übergreifender strategischer Sichtweisen».²⁰⁹ Die Konkurrenz- und Wettbewerbsrhetorik, die seit Mitte der 1980er-Jahre im HPC-Feld entwickelt worden war

und im Top-500-Ranking einen Höhepunkt erlebt hatte, war ganz offensichtlich wieder vom Tisch. Die Bundespolitik war wieder zurück und liess sich gerne als *lender of last resort* anrufen.

Das war recht raffiniert. Es nahm den Bund in die Pflicht und entlastete ihn von Detailfragen. Um erfolgreich zu sein, brauchte das Ministerium nur die Kompetenz des Feldes zu respektieren, also die richtigen Leute machen zu lassen. Und für die Finanzierung zu sorgen.

86 Diese Idee war nicht neu. Auf der Supercomputer-'90-Konferenz in Mannheim hatte James C. Almond vom University of Texas System Center for High Performance Computing in Austin den angereisten Kolleginnen und Kollegen aus Stuttgart aus der Seele gesprochen. Nicht nur weil sie einen alten Bekannten aus vergangenen Tagen wiedersahen.²¹⁰ Almonds Vortrag in Mannheim zielte auf die «üblichen Finanzierungsmechanismen»²¹¹ der staatlichen Geldgeber. «Staatliche Planungsgremien» seien es gewohnt, «Objekte wie Gebäude zu finanzieren, die Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte halten. Begründungsvorgänge, die mehrere Jahre dauern, sind in solchen Fällen vertretbar, nicht aber bei Rechenanlagen, die in einem Jahr fast 40% veraltet sind!»²¹² High-Performance-Computing und die Förderpolitik der DFG waren für Almond nicht unter einen Hut zu bringen, weil die DFG-Fördermassnahmen bei jedem Forschungs- und Beschaffungsantrag einen Bedarfsnachweis verlangten. An diesem Punkt müsse ein Umdenken stattfinden, andere Gesetze implementiert werden. Denn wer auch noch morgen und übermorgen an der Grenze der Berechenbarkeit mitrechnen wollte, für den war es mit dem einmaligen Kauf eines Spitzenrechners nicht länger getan. «Ist die Universität entschlossen, mit an der Spitze der rechnerbezogenen Forschung zu konkurrieren», so Almond, «muss ein neuer Standpunkt eingenommen werden. *Es muss allein die Existenz einer neuen Maschinengeneration als Rechtfertigung ihrer Beschaffung ge-*

nügen! Bedarfserhebungen sind im Wesentlichen überflüssig geworden!»²¹³

Diese Forderung kam einer Entmachtung der Gutachtergremien gleich und reduzierte die DFG zum Geldgeber. Die Kontrolle über die Mittel, darin lag die Konsequenz von Almonds kühnem Gedankenexperiment, läge dann ausschliesslich bei den Rechenzentren als Betreiber der Superrechner. Weil nicht davon auszugehen war, «dass die staatliche Bürokratie – in Deutschland wie in Texas – die notwendige finanzielle Leichtigkeit für eine solche flexible Planung schnell lernen wird», schien Almond die «Institutionalisierung des Rechenzentrums als Universitätsorgan mit langfristig gesichertem Budget»²¹⁴ die einzig realistische Möglichkeit. Das erfahrene Personal vor Ort und die ausgeklügelten Versorgungskonzepte, die die Superrechner problemlos in ihre heterogenen Maschinenparks und Netzwerkarchitekturen einbinden, würden jede Gefahr minimieren, «die Entwicklungsstrategie zu weit in die Zukunft auf eine bestimmte Hardware- und Softwarearchitektur»²¹⁵ festzulegen.

Ein halbes Jahrzehnt später ging das Quartett, das unter der Federführung von Friedel Hoßfeld das Bundesministerium bearbeitete, politisch wesentlich feinfühlicher vor. Die Strategie sollte der Politik überlassen bleiben, wenn man ihr sagen durfte, wie sie aussah und vor allem wie sie «machbar» war, also umgesetzt werden konnte.

Die politische Konjunktur kam der Machbarkeitsanalyse entgegen. Jedenfalls war die Zeit günstig, dem BMBF so breitwillig eine übergreifende strategische Sichtweise zu attestieren (und dafür auch gleich das Beratungsmandat in Anspruch zu nehmen), denn das Ministerium war erst 1994 durch die Fusion von BMBW und BMFT entstanden und dürfte wohl nichts gegen neue Aufgabenbereiche einzuwenden gehabt haben.²¹⁶

Also nahmen Hoßfeld et al. gleich grossen Anlauf. Supercomputer-Center sollten «durch eine engere Wechselwirkung mit den anderen Kompetenzzentren und -zellen für das Wissenschaftliche Rechnen und deren Integration in einen kooperativen Verbund die methodische Innovation des Supercomputing und seiner Anwendung in Wissenschaft und Forschung vorantreiben können». Dafür brauche es einen «Kommunikationsverbund über Breitbandnetze» mit angemessenen Schnittstellen und Betriebskonzepten für ihre «zunehmend heterogen bestückten Rechnerausstattungen». Erst damit würden «Nutzungs- und Synergieeffekte» möglich.²¹⁷ Die Kompetenz für den Betrieb von heterogenen Rechnerlandschaften aber lag, daran war für Hoßfeld et al. nicht zu zweifeln, bei den bestehenden grossen Höchstleistungsrechenzentren, also in Stuttgart, Jülich, Berlin und München. Schliesslich beschäftigte man sich dort schon länger mit schwierigen Konzepten, in Stuttgart sogar explizit mit heterogenem Rechnen, das jetzt auch Metacomputing genannt wurde.²¹⁸

Eigentlich brauchte es jetzt nur noch den Erfolg der «pilotartigen Erprobung der Breitbandkommunikationstechnik des B-WiN». Hoßfeld und seine Kollegen hätten also das Kind beim Namen nennen und das Bundesministerium in die Pflicht nehmen können. Aber Arbeitsgruppen sind, wie Gremien, diplomatisch und schreiben keine einfachen Merksätze, sondern kombinieren, nach langem Überlegen, Textbauteile, die alles in maximaler Bedeutungsichte, gut gesicherter Vollständigkeit und optimal eingekochtem Zustand festhalten. Wolfgang Nagel, der die Redaktion der Machbarkeitsstudie besorgte, wird alles mehrfach umformuliert und den Kollegen wieder vorgelegt haben, bis er schliesslich den folgenden, bleischweren und programmatischen Satz zusammengestellt hatte: «Im Zuge der Umsetzung der Empfehlung des Wissenschaftsrates zur Rückführung der deutschen Supercomputer-Zentren an die Spitze der

international propagierten Leistungspyramide mit der gleichzeitigen Einbettung von Kompetenzzentren in eine Kooperationsstruktur für das Wissenschaftliche Rechnen können deshalb Überlegungen zu einem Verbund der Supercomputer-Zentren mit der Aussicht auf Verwirklichung angestellt werden.»²¹⁹

Das war's. Wenn auch nicht einfach zu verstehen. Deutlich wurde immerhin, dass die Autoren die politische Mechanik verstanden hatten und bestens wussten, dass man nicht wie die amerikanischen Kollegen mit einer Kombination von maximalem Versprechen und exorbitantem Anspruch, also gleich mit der Tür ins ministerielle Haus fallen durfte. Das Bundesministerium sollte einige wenige Supercomputer-Center finanzieren. Dafür hatten die Autoren der Machbarkeitsanalyse auch etwas zu bieten: Sie verstanden etwas von der Sache, wussten, wie man zusammenarbeitete, in ganz Deutschland. Zudem kannten sie sich beim wissenschaftlichen Rechnen aus, gerade wenn es auf völlig unterschiedlichen Anlagen passieren musste. Ohne die Förderung durch das BMBF, die ruhig auch beim Bau von leistungsfähigen Netzwerken wirksam werden könne, werde Deutschland (sprich: die deutsche HPC-Landschaft) nie mehr an die Spitze der Welt zurückfinden. Genau das aber hatte auch der Wissenschaftsrat befürchtet und inzwischen sogar nachweislich geschrieben.

Die Arbeit an der Machbarkeitsstudie, an der Roland Rühle beteiligt war, zog sich über zahlreiche Sitzungen und fast anderthalb Jahre hinweg. Das war genügend Zeit, sich in Stuttgart um das zu kümmern, was die Machbarkeitsstudie an bereits vorhandenen Kompetenzen mit wissenschaftlichem Rechnen, mit neuen Kooperationsformen und mit heterogenen Rechnerlandschaften aufgezählt hatte. Die Tatsache, dass am HLRS sogar ein Vektorrechner mit einem massiv-parallelen Prozessorsystem betrieblich hatte verbunden werden müssen, sicherte Stuttgart die Vertrautheit mit den Problemen des heterogenen High-Performance-

Computing. Es war also naheliegend, die Lösungskompetenz in Stuttgart zu vermuten, wenn High-Performance-Computing mit Verbindungen organisiert und über alle institutionellen Grenzen ausgedehnt werden sollte.

Metacomputing als transatlantisches Experiment

90

Der Verbund von HPC-Zentren liess sich als Zugangsproblem denken oder ähnlich wie bei der Stromversorgung als Lastverbund konzipieren. Die Machbarkeitsstudie wollte sich jedoch nicht auf so einfache Analogien einlassen. «Die Vorstellung eines Lastverbundes muss abgelöst werden durch einen Funktionsverbund», lautete das Programm. Es ging also gleichzeitig um den Zugang und um die «Vielfalt der verfügbaren Supercomputer-Architekturen». Deren funktionale Differenzen sollten ausgenutzt werden. Dabei liesse sich nämlich auch das breite Angebot grosser Softwaresysteme in die Nutzungsmodalitäten einbauen.

Das alles ging weit über das im lokalen Bereich seit den frühen 1990er-Jahren studierte Problem hinaus, ein Dutzend Workstations so zusammenzuschliessen, dass sie einen SCAN – einen «supercomputer at night» – ergaben. Und es ging weit über das Problem hinaus, zwei Supercomputer im selben Rechenzentrum miteinander zu verbinden. Dafür entwarf die Machbarkeitsanalyse, die ganz im Top-down-Modus, ja beinahe im Auftrag des Bundesministeriums formuliert worden war, ein Bottom-up-Verfahren, mit dem ein höchst komplexes Entwicklungsfeld zu bearbeiten war. Die Studie orientierte sich also an dem, was die amerikanische NSF zusammen mit dem Verteidigungsministerium unter dem Titel Accelerated Strategic Computing Initiative (ASCI) formuliert hatte. Wenn die DFG schon kein vergleichbares Programm entwickelt hatte, musste man halt selber etwas unternehmen.²²⁰

Zum Glück war die erste Phase jenes Programms, das die Machbarkeitsanalyse nach gründlicher Lektüre einschlägiger Strategiepapiere und ausführlicher Diskussion vorlegte, fast schon abgeschlossen. Man konnte sie als eine Frage der konkret verfügbaren Verbindungskapazität darstellen. Was in gut ausgebauten HPC-Zentren wie im HLRS lief, liess sich, ohne mit der Wimper zu zucken, als Local-Area-Network-Metacomputer bezeichnen. Denn hier gab es starke LAN-Verbindungen sowie einen hohen Grad an integrierter Hard- und Software. Es gab auch gemeinsame Filesysteme. Die systemübergreifende Benutzerkoordination stellte tatsächlich ein «seamless environment» her.²²¹

Schwieriger war die zweite Phase des Programms. Es war alles andere als trivial, Rechner unterschiedlicher Bauart für die Lösung «eines über die Systeme geeignet verteilten – parallelen – Problems» einzusetzen. Wie aber sollte eine Berechnungsaufgabe gelöst werden, die aufgrund ihrer «inhärenten Heterogenität» von «keiner der verfügbaren Architekturen» mehr effizient gelöst werden konnte? Wie begegnete ein vom Wettbewerb in die Spezialisierung getriebenes Feld einer Simulationsaufgabe, die einen Verbund unterschiedlicher Funktionen notwendig machte?

Erst wenn dieser Umgang mit Heterogenität im lokalen Rechenzentrum gelöst sein würde, wollte man eine dritte Phase einläuten und dann tatsächlich einen «(über)regionalen oder nationalen Verbund aus dem Ensemble der geografisch verteilten LAN-Metacomputer über Gigabit-Netzwerke herstellen». Ein solches System nannte man etwas mutig einen «B-WAN-Metacomputer», also einen Broadbandwidth Wide-Area-Network-Metacomputer.²²² Er wäre technisch höchst heterogen zusammengesetzt und könnte wohl auch heterogene Probleme behandeln. Das war insbesondere «für grosse Anwendungen in der Technik» attraktiv, die sich ja meistens alles andere als homogen präsent-

tierten. «Die deutschen Supercomputer-Zentren könnten sich somit bei der Verwirklichung auch des heterogenen Rechnens international an die Spitze setzen», schrieben Hoßfeld und seine Kollegen.²²³

92 Massiv-paralleles Rechnen wurde in den 1990er-Jahren attraktiv, weil sich die Kostenstruktur des Rechnens grundlegend verändert hatte.²²⁴ Aber wie waren massiv-parallele Systeme im Allgemeinen zu betreiben? Trotz einiger vielversprechender Versuchsanordnungen stellten sich immer wieder grundsätzliche Fragen, sobald man für Hardware, Algorithmen und Softwarepakete ein generalisiertes Betriebskonzept erarbeiten wollte, das Portabilität und Effizienz garantierte.²²⁵ Die meisten Probleme ergaben sich aus dem simplen Umstand, dass massiv-parallele Rechneranlagen unterschiedliche Lösungen für die Kommunikation zwischen den Prozessoren und den Speichereinheiten verwendeten. Es gab Systeme, bei denen der Rechenpeicher physisch geteilt wurde, und solche, bei denen er nahe an den Prozessoren, also stark verteilt war. Kommunikationsprozesse im Rechner liessen sich auch aus dem Grund nicht standardmässig verwalten, weil manche Hersteller dafür auf Hardware, andere aber auf Software gesetzt hatten.²²⁶ Darüber hinaus war es fast unmöglich, bestehende, gut erprobte Software von einer herkömmlichen Rechnerarchitektur auf eine parallele Architektur zu übertragen, ohne alles neu schreiben zu müssen. Es gab kaum Compiler, die sequenzielle Algorithmen automatisch parallelisieren konnten, ohne dabei die Leistung des Programms zu beeinträchtigen. Die drei Erwartungen, dass Programmiersprachen expressiv, Programme effizient und Anwendungen portabel sein sollten, liessen sich nicht unter einen Hut bringen.

Wenn Computerfachleute solche Probleme nicht einfach weiterreichen können, sondern sie tatsächlich lösen müssen, dann bauen sie entweder eine Umfahrungstrasse, die zu den

lokal vorhandenen Maschinen und ihren Anwendungen passt. Oder sie umfahren das Problem durch Abstraktionssteigerung und denken sich eine generalisierbare Lösungsebene aus. In Stuttgart hat man eine pragmatische Kombination von beiden Strategien verfolgt. Erstens griff man auf die Erfahrungen mit der abstrakten Kommunikationstechnik des Message-Passing-Interface (MPI) zurück. Seit Mitte der 1990er-Jahre stellte sie ein allgemein einsetzbares Instrument dar, um die Kommunikation mit unterschiedlichen Parallelrechnern zu ermöglichen. MPI war weit verbreitet und erlaubte es den Betreibern von HPC-Zentren, ihre Kunden vor der Heterogenität der Maschinen und der Anwendungen zu schützen, sprich: die User auf Distanz zu halten. Zweitens griff man auf eine in Stuttgart entwickelte und ebenfalls bewährte Verbindungstechnik zurück, die PACX hiess. Beide Kommunikationstechniken waren bereits miteinander kombiniert worden, um lokale Verbindungen unterschiedlicher Rechner herzustellen: «PACX-MPI (PARallel Computer eXTension) wurde von Thomas Beisel am RUS als Tool entwickelt, um eine intel Paragon und eine CRAY Y-MP miteinander zu koppeln», hielten die *Informationen für Nutzer des Rechenzentrums* unter dem knappen aber programmatischen Titel PACX-MPI fest.²²⁷ Mit einem HPC-Verbund hatte das erst etwas zu tun, wenn gezeigt werden konnte, dass das Ganze auch auf grosse Distanz funktionierte. Liesse sich das Problem eines nationalen WAN-Metacomputing in der Bundesrepublik Deutschland vielleicht dadurch lösen, dass man den Umweg über die ganze Welt nahm, statt nur lokale Heterogenität in Stuttgart zu überbrücken? Mitten im World-Wide-Web-Boom der späten 1990er-Jahre war das ein naheliegender Gedanke.²²⁸

Bereits im Vorfeld der Supercomputing-Tagung von 1996 wurde ein erster Versuch unternommen, die brandneue Cray T3E in Stuttgart mit einer Cray T3E in Pittsburgh zu verbinden und

die Möglichkeit ihrer Interoperabilität auszuloten.²²⁹ Ein weiterer Versuch fand im Juni 1997 statt. Er wird heute von den Beteiligten als «heroisch, aber erfolglos» bezeichnet.²³⁰ Heroisch war der Bau eines virtuellen Hochleistungsrechners mit 1024 Prozessoren deshalb, weil man für den Austausch der Daten und die Koordination der Anwendungen eine höchst heterogene Verbindung benutzte. Diese führte vom Supercomputing-Center in Pittsburgh über den «very high-speed Backbone Network Service (vBNS)» der NSF und STAR TAP, das kanadische Netzwerk CANARIE sowie das Teleglobe-Netz zum Netz der Deutschen Telekom AG und von dort bis nach Stuttgart. Und selbstverständlich auch wieder zurück. Mit der mutigen Ankündigung, demnächst auch noch eine ähnliche Verbindung zur Intel Paragon im Sandia National Laboratory in Albuquerque aufzubauen, wurde die Sache auch hardwareseitig einigermassen heterogen.²³¹ Die Komplikation lohnte sich aber, denn mit Sandia hatte man einen starken Partner gewonnen, der für den Betrieb von Wide-Area-Hochleistungsnetzwerken und für Visualisierungstechnologien viel Know-how einbringen konnte.²³²

An der Supercomputing '97 in San José im November 1997 zeigten die Metacomputingspezialisten aus Stuttgart, Pittsburgh und Albuquerque gleich mehrere Experimente, die es in sich hatten,²³³ an der Supercomputing '98 folgten weitere. Der Stuttgarter *Unikurier* berichtete im Februar 1998 über drei besonders aufregende Simulationen, die sich dank PACX-MPI im transatlantischen Verbund durchrechnen liessen.²³⁴

Die erste Simulation hatte Hollywood-Qualität und berechnete den Einschlag eines Kometen auf der Erde (Abb. 10).²³⁵ Mit einem URANUS genannten Programm (Upwind Relaxation Algorithm for Nonequilibrium Flows of Stuttgart University), welches am Institut für Raumfahrtssysteme (RS) der Universität Stuttgart entwickelt und am HLRS parallelisiert worden war, berechnete man den ersten Teil der Katastrophe. Für die Folgen, den Ein-

schlag des Kometen, waren dann die Kollegen am Sandia National Laboratory zuständig.²³⁶

Ein zweites Experiment betraf «die Simulation eines Kristalls von 1 399 440 000 Atomen mit Molekulardynamik und eines granularen Gases von 1 759 165 695 Teilchen». Das Institut für Computeranwendungen 1 der Universität Stuttgart hatte dafür eine Monte-Carlo-Simulation im objektorientierten Design für Teilchensimulationen vorbereitet. Den Rechenaufwand bezeichnete der *Unikurier* als «Weltrekord».²³⁷

Das alles liess sich bei Bedarf noch steigern, nämlich in einem dritten Experiment, das an der Supercomputing '98 vorgeführt wurde. Es simulierte einen letzten Teil des nie gebauten, aber gut geplanten europäischen Raumfähreprogramms HERMES, konkret das von der NASA an die ESA weitergereichte Projekt eines Crew-Rescue-Vehicle X-38. Gerechnet hatte man auf der Supercomputing '98 den Wiedereintritt in die Erdatmosphäre nach einer Rettungsaktion von der ISS.²³⁸ Hier kam alles zusammen: amerikanische, sowjetische und europäische Raumfahrt, amerikanische Supercomputer, transatlantische Kooperation, weltweite Netzwerke und baden-württembergische Programmierkunst mit Sinn für Reibungsverluste, Grenzwerte, Raketentechnik und Materialwissenschaft. Ganz zu schweigen von den laufenden Erträgen des riesigen Sonderforschungsbereichs 259 (Hochtemperaturprobleme rückkehrfähiger Raumtransportsysteme) mit über 40 Teilprojekten, welche die DFG an der Universität Stuttgart seit 1990 hartnäckig finanzierte. Der Bericht im HPCwire-News-Brief, der aus Orlando, Florida, von der Supercomputing '98 stammte, war dermassen euphorisch, dass dem gelungenen Experiment gleich auch noch fälschlicherweise attestiert wurde, es habe latenzfreies Metacomputing vorgeführt.²³⁹

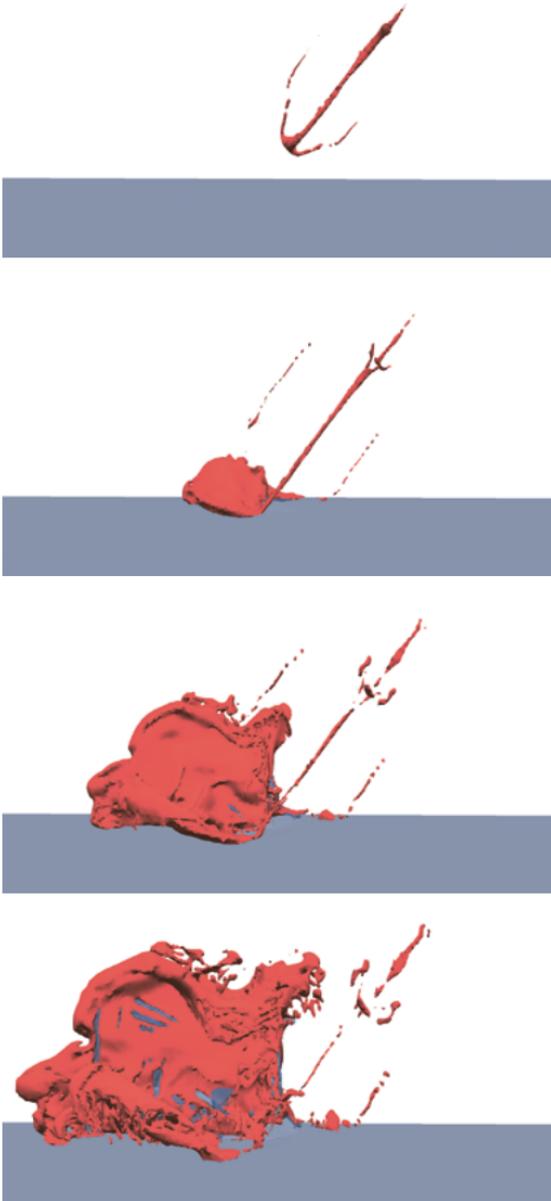


Abb. 10: Armageddon im Metacomputing 1998:
die Simulation eines Kometeneinschlags.

Braucht die Universität ein HLRS?

Dieser allerletzte Schlenker des HPCwire-Artikels wäre nicht nötig gewesen. Bis dahin mochte nämlich alles wenigstens für europäische Ohren noch «heroisch» geklungen haben. Aber bei der Latenz setzte definitiv die Katerstimmung ein, war die grosse Supercomputing-'98-Demonstration bei nüchterner Betrachtung halt doch «erfolglos» verlaufen. Selbst wenn man in den frühen europäischen Morgenstunden eine relativ günstige Bandbreite auf dem langen Weg von Stuttgart nach Pittsburgh und Sandia beschaffen konnte – die Laufzeit der Signale vernichtete immer einen Grossteil der aufwendig kombinierten Rechengeschwindigkeit. Der Metacomputing-Gruppe dürfte deshalb bei der Rückkehr aus Florida beziehungsweise aus Pittsburgh, Albuquerque und dem Weltall kein triumphaler Empfang im HLRS bereitet worden sein. Gewiss, Direktor Rühle hielt wie immer alles zusammen, aber die Skepsis des Rektors Pritschow wurde unüberhörbar und dürfte am HLRS als der eigentliche, wenn auch nur leise angekündigte Kometeneinschlag wahrgenommen worden sein. Als Spezialist für offene Steuerungssysteme in flexiblen Produktionsanlagen verstand Rektor Pritschow zwar viel von zeitgemäßem Computereinsatz. Aber sein Fachgebiet zeichnete sich eindeutig nicht durch eine besondere Affinität zum High-Performance-Computing aus.²⁴⁰ Direktor Rühle würde voraussichtlich 2003 in Pension gehen, und dann könnte die Universität Stuttgart den aufwendigen Betrieb eines vom Bund getragenen Höchstleistungsrechenzentrums einstellen. Im gemischten Erfolg des Stuttgarter Metacomputing erkannte der Rektor eine Möglichkeit zur Auslagerung des HPC. Und Outsourcing war sowieso das, was um die Jahrhundertwende überall ganz oben auf der Agenda stand.

An Universitäten ist es üblich, dafür zu sorgen, dass sich die Nachricht über solche Absichten von selbst verbreiten. Bestätigt

werden sie nicht durch Absichtserklärungen, Briefe, Protokolle oder Artikel im *Unikurier*. Sie konkretisieren sich höchstens als verdichtete Gerüchte, etwa in Form einer unschuldigen Ankündigung einer Evaluation durch externe Experten.²⁴¹ Solche Ad-hoc-Gremien zeichnen sich durch ein delikates Gleichgewicht zwischen freundlicher Gemütlichkeit, brutaler Kritikbereitschaft, kooperativem Support und ostentativer Naivität aus. Natürlich werden die Experten instruiert, aber sie wollen sich auf keinen Fall instrumentalisieren lassen. Denn jede Kommission ist in sich schon ein Haifischbecken. Wer es lebend verlässt, will das erhobenen Hauptes tun und dafür sorgen, dass die Rückkehr in die eigene Hochschule oder den eigenen Betrieb ohne Gesichtverlust erfolgen kann. Mitglieder einer Evaluationskommission lassen sich aber auch aus dem einfachen Grund nicht steuern, weil sie beim Begutachten in erster Linie ihre eigenen Interessen verfolgen.

Das bedeutet keineswegs, dass Evaluationsprozesse ergebnislos wären. Es kommt nur nie das raus, was sich ein Rektor vielleicht versprochen hat, ein Direktor befürchten musste und das Kultusministerium erwarten wollte.²⁴² Und Evaluationen lassen sich, sobald sie in Gang gesetzt wurden, nicht mehr aufhalten, auch wenn ein neuer Rektor dem Evaluationsoffer wieder wesentlich freundlicher gesinnt ist. Der neue Rektor, Dieter Fritsch, war zwar Vermessungsingenieur und hatte einst über den Entwurf digitaler zweidimensionaler nichtrekursiver Filter promoviert.²⁴³ Mit Supercomputing hatte das auch nichts zu tun, mit Rechnen und Modellieren dagegen schon sehr viel, mehr als die Nachrichten- und Steuerungstechnik Pritschows. Auf jeden Fall wollte Fritsch das HLRS wie der von Rühle alarmierte zuständige Ministerialrat Peters auch weiterhin an der Universität behalten. Der ehemalige Vermessungsingenieur wirkte als Integrationskraft, wusste vieles gleichzeitig auf seiner Landkarte zu behalten,

wenn man nur vernünftig filtern konnte, und sah möglicherweise schon damals im HLRS ein Instrument für seine evaluationsbasierte Exzellenzpolitik. Jedenfalls mussten sich die Evaluatoren an die Arbeit machen, sich durch dicke Dossiers und lange Präsentationen kämpfen und dabei alles, was das HLRS stark machte, hervorheben und das, was keinen Staat machte, kritisieren.

Am 15. und am 16. Mai 2000 versammelte sich die Evaluationskommission in Stuttgart. Sie war prominent, interdisziplinär und international zusammengesetzt. Die Interessen ihrer Mitglieder blieben in hinreichender Äquidistanz vom Gegenstand der Begutachtung verteilt, jedes Mitglied der Kommission wusste um die eigene Bedeutung. Den Vorsitz übernahm der Mathematiker Rolf Jeltsch von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH), Friedel Hoßfeld war aus Jülich angereist, E. Krämer vertrat die Daimler Chrysler Aerospace AG, Horst Simon das National Energy Research Scientific Computing Center (NERSC) in Berkeley, W. Thiel war als theoretischer Chemiker und Direktor des Max-Planck-Instituts in Mülheim an der Ruhr anwesend und W. von der Linden von der Technischen Universität Graz vertrat die theoretische, rechnergestützte Physik. Mit dem Protokoll betraute man Peter Staub von den Informatikdiensten der ETH Zürich. Er war mit dem schwierigen Verhältnis zwischen einem HPC-Center und einem langsam in die ganze Hochschule diffundierenden, sich also auflösenden Rechenzentrum bestens vertraut.²⁴⁴

Die Kommission Jeltsch konzentrierte sich nur auf den Teil des RUS, der etwas mit Supercomputing zu tun hatte, also nur auf das HLRS. Ihr Bericht zeigte, dass die Strukturen des HLRS auch nach langen Powerpoint-Präsentationen insgesamt nicht viel verständlicher wurden als die der hww. Beide waren «ein komplexes, für Aussenstehende zum Teil nur schwer zu durchschauendes Konstrukt», «das in der Praxis jedoch sehr gut funktioniert» (Abb. 11).²⁴⁵ Das HLRS sei in eine komplexe Struktur von Organi-

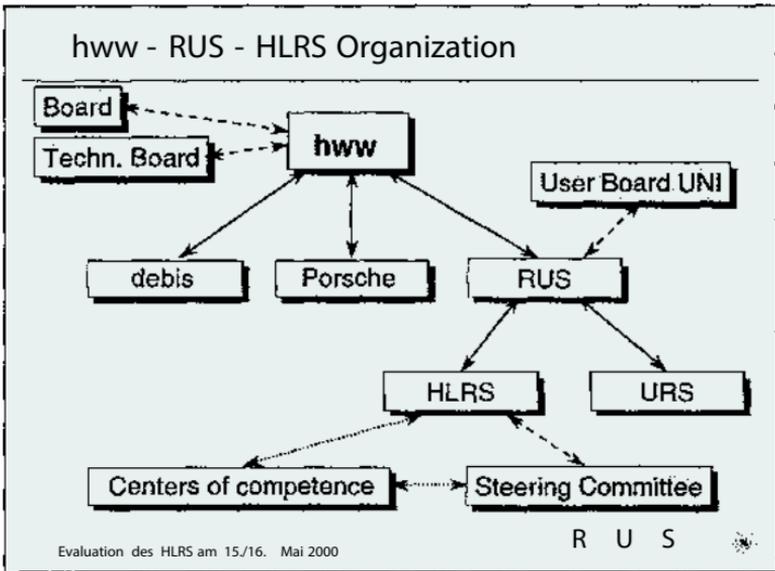


Abb. 11: hww, HLRS und RUS 2000: eine komplexe Struktur, die erstaunlich gut funktioniert.

sationen eingebettet und der Leitung des Rechenzentrums der Universität Stuttgart (RUS) unterstellt. Das RUS habe aber gleichzeitig auch die Leitung des Universitätsrechenzentrums Stuttgart (URS) inne. Klar sei, dass die Interessen der Universität Stuttgart und des HLRS als Bundeszentrum für Höchstleistungsrechnen zu Konflikten führe. «Zurzeit werden diese Probleme nur durch die Führung von Prof. R. Rühle aufgefangen», hielt der Bericht fest. Und die Strukturen würden «noch komplexer durch die Firma hww (Höchstleistungsrechner für Wissenschaft und Wirtschaft Betriebsgesellschaft mbH). An dieser sind das Land, die Universitäten von Stuttgart, Heidelberg und Karlsruhe zu je einem Achtel beteiligt. Die Industrie beteiligt sich wie folgt: Debis (20%), Debis SFR (20%) und Porsche (10%).»²⁴⁶ Mögliche Synergiegewinne wür-

den Unklarheiten in der Personalaufteilung ergeben, die wiederum von Rühle abgedeckt werden mussten.

Der Hinweis war deutlich, aber nicht besonders gefährlich. Denn externe Kritik an lokaler Komplexität ist immer leichter auszuhalten als fehlende Kooperationsmöglichkeiten vor Ort. Immerhin öffnete sich hier aber eine Interventionsmöglichkeit für die Universitätsleitung.

Viel gefährlicher waren einige wissenschaftliche Diagnosen der Experten. Sie wunderten sich zum Beispiel über den hohen Anteil an Rechenzeit für Projekte, die der rechnergestützten Fluid-dynamik gewidmet waren (41 Prozent). Die Physik brachte es auf 26 Prozent, die Chemie auf 16 Prozent. Elektrotechnik, Klimaforschung und Biologie waren unbedeutend in ihrer Nachfrage. Gegen Fluid-dynamik sei ja nichts einzuwenden, aber irgendwie müsse das HLRS doch auch für andere Disziplinen attraktiv werden. Genau das aber war der Angelpunkt für die Hauptnachricht des Evaluationsberichts. Man wisse zwar nicht, was nach der Ära Rühle sein werde, und wolle da auch keineswegs vorgreifen. Aber weil das HLRS für andere Disziplinen attraktiv werden musste, konnte man sich auch nicht vor einer konkreten Empfehlung drücken. Die Experten, die alle eine besondere Affinität zum HPC hatten, kamen auf eine schlaue Idee und setzten auf zwei Integrationsmechanismen.

Zum einen sollte das wissenschaftliche Rechnen als Studiengang gefördert werden. Mit besser ausgebildeten jungen Wissenschaftlern würde sich die Nachfrage nach HLRS-Leistungen in disziplinärer Hinsicht weiter ausdifferenzieren. Das war sicher ein Anliegen des Kommissionsvorsitzenden, der an der ETH gerade den Versuch unternahm, einen solchen Studiengang in den Leerstellen zwischen Informatik, angewandter Mathematik, Physik und theoretischer Chemie einzurichten, damit das Hochleistungsrechenzentrum im Tessin vielleicht wissenschaftlich interessan-

tere Projekte bearbeiten konnte. Es war allerdings auch eine Empfehlung, die nicht viel mehr bedeutete als Schützenhilfe für einen Studiengang der Universität, von dem keiner wusste, warum er nicht besser besucht wurde. An der Qualität des Unterrichts könne das nicht liegen, beeilte sich die Kommission zu versichern.

Zum anderen müsse man dafür sorgen, dass die Projekte am HLRS mehr mit der Forschung an der Universität interagierten. «Die Gutachter befürworten generell eine stärkere Einbindung der Forschung und Entwicklung am HLRS in das wissenschaftliche Umfeld der Universität. Sie begrüßen daher insbesondere die Absicht der Universität Stuttgart, ein Zentrum für Simulationstechnik mit mehreren Professuren und einer institutionalisierten internen Förderung aufzubauen, welches mit dem HLRS wechselwirken kann.»²⁴⁷

Beide Empfehlungen verschoben also das Problem auf die Universität, packten diese bei ihrem Stolz und bestätigten der Universitätsleitung und dem HLRS umgehend, eigentlich das Richtige zu tun. Die Gesamtbewertung des HLRS sei positiv, die Auflagen des Wissenschaftsrates erfolgreich umgesetzt, die Arbeit des Lenkungsausschusses werde ebenfalls positiv bewertet und die Benutzer seien zufrieden. Zudem habe die Einrichtung des HLRS die Entwicklung des wissenschaftlichen Rechnens in Deutschland gefördert. Man müsse nur noch eine etwas einfachere Organisationsstruktur schaffen und dafür sorgen (das richtete sich an das mitlesende Ministerium für Bildung und Kultur), dass das Land die Stabilität dieses deutschen Höchstleistungsrechenzentrums gewährleiste. «Die Aufgaben des HLRS können nicht von einer kommerziellen Organisation übernommen werden, sondern müssen von der öffentlichen Hand wahrgenommen werden. Da der Auftrag für ganz Deutschland erfolgt, soll die Hauptverantwortung beim Land liegen und nicht bei einer einzelnen Universität.»²⁴⁸

Wahrscheinlich stockte manchen bei der Lektüre des allerletzten Satzes des Berichts der Atem. Kaum hatte man verstanden, dass hier von einem Outsourcing abgeraten wurde, kam ein rhetorischer Salto mortale. Ein «Auftrag für ganz Deutschland» hätte die Hauptverantwortung für das HLRS naheliegenderweise dem Bund übertragen müssen. Der Bericht endete aber damit, dass das HLRS enger mit den wissenschaftlichen Quellen der universitären Forschung und den Haushaltsmitteln Baden-Württembergs verbunden werden sollte. Überraschende Empfehlungen zu platzieren, zählt zu den Raffinessen einer virtuosens Evaluationenarbeit.

Grid-Computing als Rettung für den Standort

Bei nüchterner Betrachtung befand sich das Stuttgarter High-Performance-Computing in einer unbequemen Lage. Nicht weniger als drei Optionen schienen für die Weiterentwicklung des HLRS gründlich verbaut: Der steinige Weg zum Verbund der deutschen Supercomputing-Center hatte sich nicht über das globale Metacomputing umfahren lassen. Das war experimentell bestätigt worden. Vom organisatorischen oder budgetären Outsourcing hatten die Experten dringend abgeraten. Und die Empfehlung, die universitäre Forschung stärker mit dem HLRS zu verbinden, war angesichts der sehr bescheidenen Nachfrage nach Kursen zum wissenschaftlichen Rechnen unrealistisch, scheiterte also am Veto der Nutzer.²⁴⁹ Gleichzeitig war das Stuttgarter Höchstleistungsrechnen ungeachtet aller Pläne wieder auf das Land als Gestaltungsraum zurückverwiesen worden. Man würde, mit anderen Worten, nicht an Karlsruhe vorbeikommen.

Anfang der 1980er-Jahre, bei der langwierigen und umständlichen Beschaffung der Cray-1, war das schon einmal der Fall ge-

wesen. Damals ging es um eine saubere Abgrenzung und um die Frage, wie sich die Bundesmittel für einen Supercomputer so ergänzen liessen, dass an beiden Universitäten ein Vektorrechner angeschafft werden konnte. Zwei Jahrzehnte später ergab sich wiederum ein Zwang zur Zusammenarbeit mit der Konkurrenz – diesmal jedoch nicht im Sinne der Abgrenzung, sondern mit dem ungleich anspruchsvolleren Ziel der Verbindung.

Versuchen liess sich das ja, zumal die Voraussetzungen dafür auch schon schlechter gewesen waren. Der Wissenschaftsrat befürwortete den Zusammenschluss mit Nachdruck und wollte ihn gerne koordinieren,²⁵⁰ das BMBF arbeitete an der Förderung eines bundesweiten Hochleistungsnetzwerks, und mit UNICORE gab es inzwischen ein uniformes Interface für Computing-Ressourcen, das ein nahtloses Rechnen sogar in Europa ermöglichen würde. Damit müssten sich doch eigentlich auch universitäre Rechner im Verbund betreiben lassen, von denen der eine in Karlsruhe, der andere in Stuttgart stehen würde.

Baden-Württemberg wurde beim Wissenschaftsrat mit einem neuen Antrag vorstellig – und blitzte prompt ab. Die «Stellungnahme zur Anmeldung des Landes Baden-Württemberg auf Errichtung eines Höchstleistungsrechner-Systems in Karlsruhe und Stuttgart», die der Wissenschaftsrat im Mai 2002 verabschiedete, arbeitete sich nach ausführlichen Vorbemerkungen zu seiner eigenen Koordinationsrolle und -kompetenz akribisch durch sämtliche Aspekte des Antrags durch. Geplante Einsatzbereiche, vorgesehene Rechner, beteiligte Institutionen, mögliche Nutzer, Projektmanagement, Standort, Kosten und Zeitplanung. Alles wurde nochmals im Detail aufgeführt, und kein Mensch hätte vorhersehen können, dass sich nach über zwanzig Seiten gewissenhaft wiederholter Antragsrhetorik das Blatt so radikal ändern würde: Der Wissenschaftsrat habe Zweifel, ob die versprochenen Ziele mit dem gekoppelten Rechnersystem zwischen Stuttgart und Karlsruhe

erreichbar seien. «Bei einer Verteilung von Rechenkapazitäten auf zwei Standorte ist die Bearbeitung von besonders anspruchsvollen Applikationen [...] nur eingeschränkt möglich.» Trotz der interessanten und wünschenswerten Aussichten auf ein «heterogenes Grid Computing» sei der Verbund von Höchstleistungsrechnern eben doch noch lange nicht ein Instrument für die Bereitstellung höchster Rechenkapazitäten. «Für die Nutzer bleibt es weiterhin wesentlich, Preprocessing, Processing und Postprocessing an einem Standort in Anspruch nehmen zu können.» Noch weniger hielt der Wissenschaftsrat davon, zwei verschiedene Rechnerarchitekturen in Baden-Württemberg zu verbinden. Das sei etwas, was vielleicht auf nationaler Ebene realisiert werden könne, aber nicht in einem Land. Jedenfalls könne höchste Rechenleistung im Moment nur nach dem «Ein-Standort-Prinzip» erbracht werden. Gewiss, die Verbindung zwischen den beiden Teilsystemen in Karlsruhe und Stuttgart sei für ein verteiltes File- und Batch-System eine adäquate technische Voraussetzung, «unvermeidbar bleiben aber hohe Latenzzeiten der Vernetzung».²⁵¹

Der zwiespältige Erfolg der Metacomputing-Experimente zwischen Stuttgart, Pittsburgh und Albuquerque Ende der 1990er-Jahre limitierte noch immer die Handlungsmöglichkeiten, selbst für die kurze Verbindung zwischen zwei baden-württembergischen Spitzenrechnern. Der Hinweis auf die hohen Latenzzeiten war für Insider unmissverständlich. Geschickt verband ihn der Wissenschaftsrat aber mit jener wirkmächtigen semantischen Verschiebung, die sich in jüngster Zeit durchgesetzt hatte. Von «Metacomputing» sprach man inzwischen nur noch im Sinne der speziellen Verbindung von Rechnern zur Erweiterung der totalen Rechenkapazität.²⁵² Mit dem viel umfassenderen Begriff des Grid-Computing bezeichnete man dagegen alle Formen verteilten Rechnens, es musste sich gar nicht um High-Performance-Computing handeln. Auch für den Wissenschaftsrat schuf ein

Rechnerverbund generell die Möglichkeit der funktionalen Differenzierung von Rechenzentren, also der Arbeitsteilung.

Der abgeschmettete Antrag vernichtete viel Vorbereitungsarbeit, er hatte aber auch Vorteile. Erstens machte er dem zuständigen baden-württembergischen Ministerium klar, dass sich die süddeutsche HPC-Landschaft nicht durch einen Zwangsverbund gestalten liess. Zweitens bedeutete er für die betroffenen Universitäten eine Entlastung von einer oft unersperrlichen Zusammenarbeit. Und drittens verschob der Wissenschaftsrat das HPC-Problem nochmals in einer Weise auf die Bundesebene, die wenigstens für Stuttgart attraktiv werden könnte. Ein Bundeshöchstleistungszentrum war das HLRS ja bereits seit einigen Jahren. Die forcierte Weiterentwicklung des D-GRID-Projekts, das für die ganze Bundesrepublik den Zugang zu den irgendwo in Deutschland benötigten Rechenkapazitäten sichern sollte, erlaubte es einem Zentrum wie dem HLRS, sich zu spezialisieren. Vielleicht konzentrierte man sich doch weiterhin auf Computational Fluid Dynamics, die ja auch die Industrie interessierte? Oder sollte die bereits mit Sandia erprobte Virtual Reality zu einem besonderen Angebot ausgebaut werden²⁵³ und dabei innovative Grid-Entwicklungen für ingenieurwissenschaftliche Anwendungen in den Vordergrund gestellt werden?²⁵⁴

Die Fragen waren nicht leicht zu beantworten und brauchten wieder etwas Konzeptarbeit. Gegen die enthusiastische Konzentration der bundesrepublikanischen Wissenschaftspolitik auf das Grid-Computing war nichts einzuwenden. Aber nach der Ablehnung des baden-württembergischen Antrags durch den Wissenschaftsrat wurde auch klar, dass die Lage ausser Kontrolle geraten könnte. Wenn alle möglichen Nutzer irgendwo in der Bundesrepublik auf irgendwelche Rechner zugreifen konnten, dann gab es keine sichtbaren Zentren mehr, auch nicht solche für kalkulatorische Superleistungen. Die HPC-Gemeinde lief Gefahr, von je-

ner Spitze der Pyramide, die sie sich schon länger zugedacht hatte, an den Rand des Geschehens gedrängt zu werden und nur noch einen ununterscheidbaren Beitrag zum ganzen Rechengeschehen Deutschlands zu liefern.

Einige grundlegende Dinge mussten jetzt festgehalten werden. Man konnte das zum Beispiel in der 2003 neu gegründeten Zeitschrift *inSiDE* tun. Friedel Hoßfeld wartete deren erste Ausgabe ab und meldete sich dafür in der zweiten umso klarer zu Wort. Keine Machbarkeitsstudie, keine Gremienarbeit, keine Evaluationen, sondern volle Integration dessen, was im Bereich des Supercomputing konzeptuell vorhanden war. Das aber hiess nichts anderes, als alles, was der Wissenschaftsrat dazu hatte verlauten lassen, sorgfältig aufzunehmen und es für die HPC-Gemeinde zu drehen.²⁵⁵

Hoßfeld erinnerte daran, was der Wissenschaftsrat in der Sache seit 1995 gesagt hatte. Einmal mehr hielt er fest, dass die Pyramide eine Spitze brauche, von der aus mehrere nationale Zentren Supercomputing-Kapazität lieferten.²⁵⁶ Der Zugang müsse über effiziente Datennetzwerke gesichert werden, und die Zentren sollten in einem Kompetenznetzwerk für die Entwicklung und Verbreitung von Methoden, Instrumenten, Anwendungen und Ausbildung zuständig sein.²⁵⁷ Vielleicht brauchte es dafür ein «load-balancing model» für ganz Deutschland. Vor allem aber war eine Innovationsspirale nötig, die ständig gedreht wurde und mit angemessenen Phasenverschiebungen dafür sorgte, dass die drei bestätigten Zentren für Supercomputing (HLRS, NIC und LRZ) die wissenschaftlich-technische Gemeinschaft in Deutschland mit höchsten Rechenkapazitäten versorgen konnten.²⁵⁸

Das Konzept der Innovationsspirale war, budgetär gesprochen, vor allem eine Investitionsspirale. Sie sollte internationale Wettbewerbsfähigkeit sichern und das mittlere und untere Leistungssegment der Pyramide auf sichere Distanz von den Ho-

nigtöpfen der Wissenschaftspolitik halten, diesen aber gleichzeitig den Zugang zu allen Verheissungen eines schnellen, standort-unabhängigen Zugangs zu den weltweit verfügbaren Daten- und IT-Ressourcen sichern. Gegen die massiven Investitionen ins flächendeckende Grid-Computing, wie sie unter der Führung der Helmholtz-Gesellschaft und mit grosser Unterstützung durch das Bundesministerium angekündigt worden waren, gab es nichts einzuwenden.²⁵⁹ Aber es war dafür zu sorgen, dass gleichzeitig wenigstens die Spitze der bundesdeutschen Rechnerpyramide angemessen gepflegt wurde. Dann brauchte es keine direkte Kopplung von Spitzenrechnern mehr, die Bundesrechenzentren konnten sich eigenständig spezialisieren und ihre Kompetenzen zu einem komplementären Angebot ausbauen.

Nutzer im Betrieb (2006–2016)

Als Rektor Dieter Fritsch 2006 seinen letzten Bericht zur Lage der Universität vorlegte, hatten er und das HLRS eine bewegte Zeit hinter sich. Gleich bei seinem Amtsantritt sei er beauftragt worden, «45 Millionen Euro zu organisieren, um eine neue Generation eines Höchstleistungsrechners zu beschaffen». Und gleichzeitig habe er von den Gerüchten gehört, dass «der Standort Stuttgart nicht mehr zu halten sei, dass die grosse Konkurrenz im Badischen schon die Weichen so gestellt hätte, den neuen Rechner in Karlsruhe aufzubauen». Der Kampf schien für Fritsch «eigentlich schon verloren zu sein».²⁶⁰

Abtretende Rektoren dürfen sich der Highlights ihres Wirkens öffentlich erinnern. Wenn es der Sache dient und das eigene Ansehen nicht noch nachträglich zu beschädigen droht, können sie sogar Details aus dem Küchenkabinett der Hochschulpolitik preisgeben. So erzählte der sichtlich erleichterte Rektor vom Antrittsgespräch bei Ministerpräsident Teufel. Dieser habe überraschenderweise durchblicken lassen, dass das Land vielleicht doch noch bereit wäre, in Stuttgart einen neuen Superrechner zu finanzieren, «falls ein Erfolg versprechendes, universitätsübergreifendes Rechnerverbundkonzept» ausgearbeitet werden könne. Fritsch wurde jedoch auch darüber aufgeklärt, dass zwischen einem Hoch- und einem Höchstleistungsrechenzentrum immerhin 30 Millionen Euro liegen. Und diese Differenz liess sich, wie sich herausstellen sollte, nur mit Hilfe eines Höchstleistungsrechner-Kompetenz-Zentrums (hkz) in Baden-Württemberg und «durch viel politisches Geschick und Taktik» eliminieren. Am Ende erhielt die Universität Stuttgart doch noch einen neuen Höchstleistungsrechner, und Karlsruhe musste sich mit einem Hochleistungsrechner begnügen. Den neuen Rechner könne

man heute sogar in einem neuen Gebäude besuchen, das eigens für das HLRS gebaut worden sei, hielt Rektor Fritsch zufrieden fest. «Auf diese Weise ist der Universität Stuttgart eine hervorragende Infrastruktur für Forschung und Entwicklung nicht nur erhalten geblieben, sondern wir haben im Zuge des Ausbaus der drei bundesdeutschen Höchstleistungsrechenzentren weltweit unseren hervorragenden Ruf weiter ausbauen können!»²⁶¹

Take it easy

110

Das Rechnen an den Grenzen der Berechenbarkeit in Stuttgart bekam durch die neuen Gebäude an der Nobelstrasse 19 auf dem Campus Vaihingen eine stabile universitäre Adresse.²⁶² Die Neubauten verankerten das HLRS, seit seiner Gründung zwischen Wirtschaftsunternehmen und Unterabteilung des Rechenzentrums oszillierend, nun organisatorisch als «zentrale Einrichtung» an der Universität (Abb. 12).²⁶³ Ein Rechenzentrum aber kann nicht ein für alle Mal in Beton gegossen und dann seinem Schicksal überlassen werden. Die verantwortlichen Architekten des Universitätsbauamts mussten bei ihren Planungen vor allem die weitreichenden Veränderungen berücksichtigen, die in den 2000er-Jahren in der Architektur der Höchstleistungsrechner stattgefunden hatten. Denn die neuen Maschinen, die ins HLRS einziehen würden, verlangten nach anderen Raumkapazitäten und brauchten vor allem ständig mehr Energie als ihre Vorgänger.

Bislang konnte man davon ausgehen, dass bei steigender Leistung der Bedarf an Raum und Energie mehr oder weniger konstant blieb. Doch um die Jahrtausendwende hatten sich die Hersteller von Höchstleistungsrechnern dazu entschlossen, aus Kostengründen Standardbauelemente mit Luftkühlung zu verwenden. Dadurch nahm die Rechenleistung der einzelnen Bau-



Abb. 12: Demonstrative Transparenz 2003: Simulation einer «Zentralen Einrichtung».

teile zwar ab. Da aber gleichzeitig eine höhere Anzahl davon für das Gesamtsystem verwendet wurde, stiegen die Rechenleistung und der Strombedarf insgesamt an. Dieses Konzept hatte sich in den Projekten der amerikanischen ASCI-Initiative ebenso bewährt wie im japanischen Earth-Simulator-Projekt.²⁶⁴

Bereits beim Richtfest des neuen HLRS-Gebäudes erklärte der Chef des Universitätsbauamts, Klaus Schmiedeck, dass die äussere Konstruktion zwar den Eindruck des «take it easy» erwecke. Aber was leicht daherkomme, habe es meist in sich. Abgesehen von der Tragwerksplanung waren beim Bau des «Computerhauses» Lüftung und Kühlung «ein grosses Projekt». Auch die Elektroplanung sehe anders aus, wenn das Gebäude einen Bewohner habe, der «viel Strom zieht», so zitierte der *Unikurier* den Chef des Bauamts.²⁶⁵ Die Entwicklung der Rechnerarchitektur aber machte selbst die

sorgfältigste Planung zunichte. Die Rechnerleistung der Supercomputer stieg weiter an und mit jeder neuen Rechnergeneration erhöhte sich auch der Bedarf an elektrischer Energie für den Betrieb und die Kühlung.²⁶⁶ Um weiterhin im Rennen an der Grenze der Berechenbarkeit mithalten zu können, musste man in Stuttgart immer mehr in Energietechnik und Beton investieren. 2010 gab man beim Universitätsbauamt ein spezielles Gebäude für den Energiebedarf der kommenden Supercomputer in Auftrag. Im Infrastrukturgebäude, das gleich neben dem HLRS-Hauptgebäude zu stehen kam, wurde ein raffiniertes Kühlsystem eingerichtet: «Insgesamt acht Trafos gewährleisteten eine unterbrechungsfreie Stromversorgung und Kühlung. Das Kühlwasser selbst wird über ein eigenes Technikgeschoss ins Gebäude eingespeist und über ein hocheffizientes Kältenetz verteilt. Umgekehrt wird die Abluft der Rechner für die Wärmeversorgung des Gebäudes genutzt.»²⁶⁷

Die Transformatoren und Pumpen des neuen Infrastrukturgebäudes waren keineswegs eine peinliche Nebensächlichkei, über die man sich nur mit dem Bauamt unterhielt und mit dem sich nur die technischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des HLRS zu beschäftigen hatten. Die neue Materialität der Supercomputer und der dazugehörigen Infrastrukturen wurde vielmehr ins ästhetische Konzept integriert, das die Architektur der neuen Gebäude des HLRS von Beginn an bestimmte. Das Leitprinzip dieses Konzepts bestand in der Inszenierung von Anschlussfähigkeit zwischen heterogenen Formen und wohldosierten Farben.²⁶⁸ Mit dem Künstler Harald F. Müller entwickelte das Bauamt für die Aussen-gestaltung des Infrastrukturgebäudes ein eigenes Farbkonzept.²⁶⁹ «Besonders an sonnigen Tagen», heisst es in einem Flyer des Universitätsbauamtes, «entsteht ein glitzerndes Farbenspiel zwischen changierenden, goldenen Lüftungslamellen und den grasgrünen, glatten Betonflächen.»²⁷⁰ Hier sollte ein Anschein von Leichtigkeit entstehen. Das galt auch für die Gestaltung des bislang letzten neuen

Gebäudes des HLRS. Der 2017 eingeweihte Neubau des Schulungszentrums war gestalterisch an der «filigranen Konstruktion»²⁷¹ des Forschungsgebäudes orientiert – als «Variation des Originals».²⁷² Die Oberflächen des Schulungsraums im inneren Gebäude – auch Rühle-Saal genannt – waren «durchweg in monochromem Weiss gehalten», während ein «blau getöntes <Glasband>» die Intensität des Lichteinfalls von aussen steuern sollte. Auf diese Weise sollte ein «ruhiger und offener <Denkraum>» entstehen, der die Aussenwelt «nur schemenhaft erkennbar» macht und damit «keine Ablenkung» zulässt.²⁷³ Als Kontrast zur «ruhigen Atmosphäre» im Inneren wurden im Atrium «nach dem Zufall»²⁷⁴ angeordnete Kuben positioniert. Auch hier intendierten die Architekten ein Spiel mit den Referenzen: «Der Zufall, welcher berechnet werden soll und welcher sich der Berechnung entzieht, gegen welchen uns Technik schützen soll und der in der Technik auftritt – beides schießt in der Verbindung von Atrium und Höchstleistungsrechner zusammen.»²⁷⁵

Das Gestaltungsprinzip entfaltete sich bis ins Untergeschoss der Rechnerräume und bis auf die Gehäuse der Supercomputer (Abb. 13). Ihre Verschalungen wurden mit Grafiken von Simulationsanwendungen des HLRS verziert. Virtuelle Strömungsbilder und Automobile bedeckten die langen Fronten der in schwarz gehaltenen Rechnercluster. In den fensterlosen, aber klimatisierten Maschinensälen standen nicht einfach Blechkästen von Cray, NEC oder HPE, sondern anspruchsvolle Rechnersysteme, die vom HLRS in strenger Alliteration mit den Namen von bedrohten Tierarten geziert wurden – von «Hermit» (Cray XE-6, 2010) über «Hornet» (Cray XC 40, 2014) bis zu «Hazel Hen» (Cray XC 40, 2015) und «Hawk» (HPE Apollo, 2020).²⁷⁶

Die Architektur und das Design der neuen Gebäude waren ein Akt der Souveränität. Die Inszenierung der Computer und die Kunst am Bau entsprachen dem Willen, ein Gesamtbild, ein



114

Abb. 13: Unboxing 2020: konzentriertes Arbeiten beim Aufbau der HAWK.

einheitliches Corporate Design für das HLRS zu entwerfen.²⁷⁷ Die neuen Gebäude sollten die Kernidentität des HLRS verkörpern und ausstrahlen. Sie bildeten das symbolische Kapital, das sich gewinnbringend für den Betrieb von High-Performance-Computing in Stuttgart nutzen liesse.

Mit Gauss nach Europa

Der von Rektor Fritsch 2006 gefeierte Neubau des HLRS wäre wohl kaum zu einem langjährigen Sicherheitsspenden für den Betrieb von High-Performance-Computing in Stuttgart, in Baden-Württemberg und in Deutschland geworden, wenn sich die neue Adresse auf dem Campus Vaihingen nicht gleichzeitig zum Umschlagplatz eines neuen wissenschaftspolitischen Programms gewandelt hätte. Bei aller Zufriedenheit ob der Rettung des

HPC-Standorts war auch Fritsch nicht klar, wie das alles weitergehen würde. Sicher schien ihm nur, dass es ziemlich teuer werden würde. «Man munkelt, dass die nächste Generation Höchstleistungsrechner 200 Millionen Euro kosten soll», hielt der scheidende Rektor fest und prophezeite, dass dies «kein Bundesland mehr schultern» könne. «Dies müsste dann ein europäisches Projekt werden.»²⁷⁸

Erstaunlicherweise schienen diese Aussichten den Rektor nicht zu beunruhigen. Erstens würde sich sein Nachfolger darum kümmern müssen, zweitens aber waren die Voraussetzungen für ein geschicktes Taktieren ungleich besser als ums Jahr 2000. Mit tief greifenden Strukturreformen versuchte das neue Rektorat, wenn auch vergebens, Stuttgart als Exzellenzuniversität zu positionieren.²⁷⁹ Man wies rekordverdächtige Wachstumsraten bei den Drittmitteln aus, hatte sich eine unternehmerisch ausgerichtete Verwaltung zugelegt, die budgetären Freiheitsgrade erhöht und agierte mit starken internationalen Ambitionen.²⁸⁰ Die Selbstbeschreibung der Universität nahm die Form eines Profils an, mit dem man sich «von den übrigen technisch orientierten Hochschulen in Deutschland» abhob und «international stärker konkurrenzfähig» machte.²⁸¹ Als «Forschungsuniversität mit einer ingenieur- und naturwissenschaftlichen Orientierung» setzte man nun auf wissenschaftspolitisch attraktive Querschnittsthemen wie «Simulation», die viele Fachrichtungen und universitäre Start-ups miteinander verbanden und auch für die Industrie attraktiv waren.²⁸² Auch die Bologna-konforme Lehre konnte mit guten Gründen «virtualisiert», also in den digitalen Raum verschoben werden.

Das HLRS war ein perfekter Baustein für die strukturelle Neuausrichtung der Universität. Als eines von drei Höchstleistungsrechenzentren des Bundes, mit seiner grossen Industrienähe und den langjährigen Verbindungen in die USA und nach

Japan nahm das HLRS in Stuttgart nun die Rolle eines infrastrukturellen Leuchtturms ein.²⁸³ Dieser strahlte umso heller, als das HLRS für die Universität auch zu einer der neuen Drehtüren für europäisch finanzierte und bestens sichtbare Drittmittelprojekte wurde. Anders als in der Bundesrepublik nutzte man in den europäischen Initiativen der 2000er-Jahre das Grid-Computing für die Bereitstellung höchster Rechenkapazitäten.²⁸⁴ Das Rechnen an den Grenzen der Berechenbarkeit war zu einem elementaren Bestandteil der anwendungsnahen europäischen Wissenschaftspolitik geworden. Der Fokus der europäischen Initiativen lag jedoch nicht mehr wie in den 1990er-Jahren auf der Gründung einer europäischen Supercomputerindustrie. Auch hier hatte sich das Interesse am High-Performance-Computing von der Hardware auf den Nutzungsbereich verschoben. Die neuen Förderlinien standen im Zeichen der computerbasierten Wissenschaften und der Simulation.²⁸⁵

Die Verlagerung der nationalen Innovationsspirale im HPC auf die europäische Ebene war ohne politische Folgekosten nicht zu haben. Das Kooperationsmodell der drei bundesdeutschen Höchstleistungsrechenzentren in Form eines Verbundes jeweils spezialisierter Zentren war für die europäische Verhandlungsebene zu heterogen. Nach Vorgabe des Ministeriums sollte für das deutsche Spitzenrechnen in Europa mit einer Stimme gesprochen werden. Gefordert war eine Form der Kooperation, die den Konsens der Zentren untereinander sicherstellte und in den Verhandlungen auf europäischer Ebene auch glaubhaft nach aussen repräsentieren konnte. Die Zahl der Strategiepapiere, Memoranden, Workshops und Besprechungen nahm wieder zu. Zwischen Jülich, München und Stuttgart musste die schwierige Frage geklärt werden, wie die Spezialisierung des deutschen Höchstleistungsrechnerbetriebs im Einklang mit der europäischen Konkurrenz geleistet werden könnte.

Daran wurde nun über mehrere Jahre gearbeitet und die Konzepte immer wieder durch aktualisierte Foliensets und Berichte angepasst. Im August 2005 war die im Auftrag des BMBF ausgearbeitete Studie zum Petaflop-Computing mit Standort Deutschland im europäischen Forschungsraum erschienen.²⁸⁶ Im Sommer 2006 arbeitete die «Reuter-Kommission» an Argumenten für die Gründung einer strategischen Allianz und an der Gründung des «Gauss Centre for Supercomputing» (GCS), die im April 2007 erfolgte.²⁸⁷ In Brüssel entstand zeitgleich ein Memorandum of Understanding für eine «Partnership for Advanced Computing in Europe» (PRACE), im Juli 2008 ein weiteres Memorandum of Understanding für die Gründung der Gauss-Allianz, und im September folgte ein Verwaltungsabkommen zum GCS zwischen dem BMBF, Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen.

Die neue Konsenspolitik im Zeichen Europas führte zu einem Abbau der Konkurrenz zwischen den drei Bundeshöchstleistungsrechenzentren. Dass die seit Jahrzehnten beschworene «Pyramide» ein Instrument zur Bändigung des binnendeutschen Wettbewerbs geworden war, lässt sich an den überall zirkulierenden Zitaten aus den Strategiepapieren des Wissenschaftsrats ablesen. Auch in den Powerpoint-Präsentationen des Gauss Centre wurden sie mit Zustimmung zitiert und liessen sich von eigenen Argumenten kaum unterscheiden. Es brauche, so beispielsweise der Vorstandsvorsitzende des GCS in einem Strategiepapier von 2011, zusätzliche HPC-Kompetenznetzwerke und einen Verzicht auf eine «nachfrageorientierte Steuerung der HLR-Nutzung durch Gebühren». Fast alles sollte miteinander koordiniert werden – die Zusammenarbeit mit Europa im Rahmen von PRACE, die Beschaffungsplanung, die Infrastrukturen, der Nutzungszugang und der Nutzersupport, ja selbst die Entwicklungsaktivitäten.²⁸⁸

Wettbewerbsschutz, Kooperation, Bündnispolitik und Beistandsklauseln trieben die Tier-o-Ebene der Pyramide in der zwei-

ten Hälfte der 2000er-Jahre in die Richtung eines Petaflop-Zeitalters. Das bundesdeutsche HPC-Geschäft blühte in der neuen Konfiguration und lief tatsächlich wie geschmiert, mit «Rechenleistung wie sonst allenfalls noch in den USA».²⁸⁹

Virtuelle Nutzer, Nutzer in der Virtualität

118

Die Verankerung an der Universität und die Beteiligung an den europäischen Initiativen hatten aufs Neue stabile Verhältnisse für den lokalen Betrieb von High-Performance-Computing in Stuttgart geschaffen. Die regionalen und europäischen Forschungsprogramme brachten einen konstanten Strom von neuen Projekten und neuen Nutzerinnen und Nutzern ans HLRS.²⁹⁰ Traditionelle Nutzergruppen wie die Automobilindustrie wurden problemlos in die neuen Strukturen integriert.²⁹¹ Zudem forcierte man Angebote an die klein- und mittelständische Industrie, indem man sich auf die eigene Vergangenheit in der Zusammenarbeit mit der Industrie berief. Die 1995 gegründete hww GmbH trat nun abermals als nachahmenswerter Modellfall für eine Kooperation zwischen Rechenzentrum, Wissenschaft und Industrie hervor.²⁹² Sogar die Beschaffungsverfahren für die neuen Rechner der weltweiten Spitzenklasse waren keine Zitterpartie mehr.²⁹³ Die Hersteller hatten einsehen müssen, dass auch für sie nicht Seilschaften, sondern adäquate Leistung und Kooperation im Vordergrund stehen mussten.²⁹⁴

Die Spezialisierung des Stuttgarter Höchstleistungsrechnens konnte unter diesen Bedingungen als besonderes Profil des Standorts vermarktet werden.²⁹⁵ Die Jahresberichte des HLRS, die in ihrem Design eher an einen Ausstellungskatalog als an einen Rechenschaftsbericht eines Rechenzentrums erinnerten, begannen die Nutzer und ihre Projekte in Szene zu set-

zen. Ihre Projekte waren in allgemein verständliche Abstracts übersetzt und ihre Preise und Publikationen wurden aufgelistet. Hochglanzfotografien zeigten sie als konzentrierte Zuhörer in Einführungskursen zum parallelen Programmieren, in die rechnergestützte Strömungslehre oder in die Visualisierung von Simulationen.²⁹⁶ Oder sie sassen in Autositzen und fuhren mit 3D-Brille durch simulierte Strassen. Besonders gut konnte man die Stuttgarter Spezialisierung mit denjenigen Nutzern darstellen, die in der Cave in die virtuellen Prozesse ihrer Simulation abgetaucht waren.²⁹⁷ Die Cave – ein begehbare Raum aus Acryl und Glas für 3D-Projektionen und virtuelle Realität von Simulationen – symbolisierte am eindrucksvollsten die Kontinuität, mit der in Stuttgart seit den 1980er-Jahren an kooperativen Arbeitsumgebungen für die Visualisierung von Simulationen gearbeitet wurde.²⁹⁸ In der Cave konnten sich die Nutzer in der virtuellen Realität ihrer Simulationen bewegen und verschiedene Varianten ihrer Modelle durchspielen (Abb. 14). Von aussen beobachtet, konnte es so scheinen, als müsse man am HLRS für das Experimentieren mit Modellen nicht einmal mehr am Computer sitzen.²⁹⁹ Die Superrechner sind auf den Bildern der Cave ebenso unsichtbar wie die geleistete Arbeit des Personals am HLRS, die notwendig war, um die Algorithmen und die Software für die Anwendungen in der Cave zu programmieren.³⁰⁰

Das neue Programm der Inklusion heterogener Nutzergruppen am HLRS liess sich jedoch nur mit einem Betriebsmodell realisieren, das die Nutzergemeinde differenzieren und ihnen die jeweils erforderlichen Ressourcen zuweisen konnte.³⁰¹ Die Entwicklung eines Automobilprototyps durch Porsche oder der Energieverbrennung in einem Kraftwerk erforderte schliesslich mehr und anders strukturierte Kapazitäten als der Testlauf eines programmierten Algorithmus oder die Simulation einer Hüftoperation. Das «Betriebssystem» des HLRS, mit dem man

den Zugang zu den Rechnerressourcen und Diensten einrichtete und verwaltete, musste neu konfiguriert werden. Dafür aber war es notwendig, mit einigen altvertrauten Denkgewohnheiten im Betrieb von High-Performance-Computing zu brechen. Wollte man die gesamte Bandbreite an Nutzerprojekten abdecken und auch kleinere Jobs rechnen, musste überdacht werden, ob die Steigerung der Gesamtauslastung der Spitzenkapazitäten noch ein sinnvoller Zielwert war. Oder ob es weiterhin ökonomisch zweckmässig schien, einen Knoten oder Prozessorkern exklusiv für eine Anwendung zu reservieren.³⁰² War es notwendig, Gelegenheitsnutzer, die vielleicht einmal eine Schulung am HLRS besucht hatten, mit der gesamten Komplexität des Höchstleistungsrechnens zu konfrontieren, oder genügte nicht auch eine Webplattform, die das Jobmanagement für nicht rechenintensive Anwendungen übernahm und bei Bedarf einen virtuellen Zugriff von jedem Ort der Welt auf die Rechner und die Visualisierungsprogramme am HLRS einrichtete?³⁰³

Den Kern des neuen Betriebsmodells am HLRS bildeten auf den Nutzer individuell zugeschnittene Angebotspakete aus Rechenleistung, Methoden, Software und Beratung, die in Service-Level-Agreements festgehalten wurden.³⁰⁴ Ein Service-Level-Agreement umfasste den gesamten Prozess eines Nutzerprojekts am HLRS von der Entwicklung über die Ausführung bis zur Beendigung. Festgehalten waren darin die benötigten Hard- und Softwareressourcen, die Verfügbarkeit der Dienste, die Geschäftsabwicklung, die Anforderungen ans Datenmanagement sowie die vertraglichen Bedingungen.³⁰⁵ Die Nutzung von Höchstleistungsrechenressourcen hatte sich mit der Einführung von Service-Level-Agreements generalisiert. Der Bedarf an der Nutzung von Supercomputern und Simulationsumgebungen musste nicht länger ausführlich mit speziellen Anforderungen wissenschaftlich begründet werden. Das HLRS hatte ein neues Geschäftsmodell etabliert, in dem



121

Abb. 14: Einsichten von Innen: User in der Cave des HLRS.

Höchstleistungsrechnen zu einer allgemein verfügbaren Ware geworden war, deren Bedarf individuell verhandelt und jederzeit flexibel angepasst werden konnte.

Wachstumsgrenzen

In einem 2016 erschienenen Beitrag reflektierte der Direktor des HLRS, Michael Resch, über die aktuellen Perspektiven im High-Performance-Computing.³⁰⁶ Er sah das Feld vor einem fundamentalen Wandel und versuchte, die Entwicklungen der kommenden Jahre zu skizzieren. Die Diagnose war eindeutig: So stabil wie die Spezialisierung im Höchstleistungsrechnen durch die Universität, das Gauss Centre for Supercomputing und die Verbindungen zur Industrie in Stuttgart auch sein mochten, man musste sich damit auseinandersetzen, dass sich die Wachstums-

raten der Hardwareleistung verlangsamen. Wenn man pessimistisch sein wollte, musste man gar vom Ende von Moore's Law ausgehen – etwas, was die Computerindustrie seit der Mitte der 1960er-Jahre gar nicht mehr in Betracht gezogen hatte.

122 Diese Verlangsamung kam nicht über Nacht und sie liess sich erst im Verlauf einiger Jahre belegen. Resch blieb in seinem Beitrag nichts anderes übrig, als seiner zukunftsgerichteten Perspektive auch ein wenig Geschichte vorzuschicken. Dass sich die Taktung von Prozessoren mit der Zeit nicht mehr beliebig würde steigern lassen, sei etwas, was man schon lange habe voraussehen können.³⁰⁷ Mit parallelen Rechnerarchitekturen habe man den drohenden Engpass über viele Jahre hinweg abfedern können. Eine Analyse der Top-500-Liste mache aber deutlich, dass die langsamsten Rechnersysteme auf der Liste schon seit 2009/10 abgehängt worden waren und dem Trend nicht mehr folgen konnten. Die neuesten Zahlen zeigten sogar, dass inzwischen das ganze Feld mit einer flacheren Wachstumskurve rechnen musste.³⁰⁸

Wie sollte das Feld des globalen Spitzenrechnens mit den kommenden Wachstumsgrenzen umgehen? Um grundsätzlich weiterzukommen, so Resch, würden im Moment zwei verschiedene Richtungen verfolgt – das «thin core concept» und das «fat core concept».³⁰⁹ Beim dünnen Konzept konzentrierten sich die Hardwareentwickler in der Tradition des parallelen Rechnens darauf, möglichst viele einfach gebaute Prozessorkerne auf einem Chip zu platzieren. Dafür brauchte man keine hohe Taktung und die Herstellung war nicht einmal besonders anspruchsvoll. Prinzipiell wäre es mit diesem Konzept möglich, die Taktfrequenz nochmals zu erhöhen und noch mehr Prozessorkerne miteinander zu verschalten, um einen schnelleren Superrechner zu bauen. Allerdings, so die Beobachtung von Resch, verfolgten die Hersteller gerade einen anderen Weg – sie verwendeten nämlich dieses

«thin core concept» für Standardsimulationen – und verzichteten damit auf den HPC-Markt.³¹⁰

Das dicke Konzept verfolgte einen klassischen Zugang in der HPC-Architektur. Geschwindigkeit wurde durch erhöhte architektonische Komplexität erreicht. Die einzelnen Prozessorkerne wurden mit zusätzlichen Funktionen versehen und verwandelten jedes «core» in eine «highly tuned architecture with a number of sophisticated features». Darum mussten diese «hochgezüchteten» Prozessorkerne auch entsprechend raffiniert programmiert werden. Bei den Herstellern, die dafür auf Vektorrechnerarchitekturen zurückgriffen, musste man mit besonders satten Preisen rechnen. Das «thick core concept» bedeutete also für die Betreiber von HPC-Zentren zusätzliche Kosten, sowohl bei den Prozessoren als auch bei den Programmen.³¹¹

Wie man es auch drehte, es war klar, dass es schwieriger wurde, das Wachstum der Rechnerleistung im selben Umfang zu steigern.³¹² Das verlangsamte Wachstum der Leistungsmerkmale in der Hardware war nicht ein vorübergehendes Phänomen, sondern eine Trendwende. Für die Betreiber von Höchstleistungszentren wurden damit wieder einmal grundsätzliche Fragen aufgeworfen. Drei Strategien waren in dieser Situation denkbar: Erstens hatten die Energiekosten in den vorhergehenden Jahren so stark zugenommen, dass sich eine verbesserte Energiebilanz durch andere Kühlungssysteme und billigere Erzeugung und effizientere Rezyklierung von Abwärme erzeugen liess. Das wären betriebliche Ersparnisse von beträchtlichem Ausmass und kämen indirekt dem möglichen Investitionsrahmen zugute. Zweitens blieb den HPC-Direktoren nichts anderes übrig, als ihre Anlage für die Entwicklung der nächsten Anlage einzusetzen und zusammen mit den Providern auf dem Vorgängermodell das zu simulieren, was in Zukunft hergestellt werden könnte. Und drittens mussten die Nutzer einer HPC-Anlage wieder direkter mit den ar-

chitektonischen Voraussetzungen ihrer Programme vertraut gemacht werden. Die Nutzer mussten also wieder an die Maschine gebracht und mit Programmierung beschäftigt werden.

Diese drei strategischen Optionen hatten den Vorteil, dass sie sich gegenseitig nicht ausschlossen. Sie hatten aber auch den Nachteil, dass ein Höchstleistungsrechenzentrum, das weiterhin an der Grenze der Berechenbarkeit rechnen wollte, gar nichts anderes tun konnte, als gleichzeitig an drei verschiedenen Fronten grundlegende Konzeptentwicklung zu leisten, also eine neue Konfiguration zu suchen.

Eine Rekonfigurationsgeschichte

Die Geschichte des Supercomputing in Stuttgart ist nicht an ihr Ende gekommen und wird auch in Zukunft zu Überraschungen führen. Unsere technikhistorische Studie hat gezeigt, wie die Entwicklung von Supercomputing mit Brüchen, Krisen und Neuanfängen im lokalen Betrieb einherging. Die Interaktion zwischen Universität und Industrie, zwischen Bund und Land oder zwischen Maschinen und Nutzern ergab ein Spiel, dessen Regeln ständig angepasst werden mussten. Immer wieder wurden neue Verbindungen hergestellt und zusätzliche Abgrenzungen vorgenommen. Nicht selten war das mühsam Konfigurierte schon nach wenigen Jahren wieder veraltet und musste aus technischen, betrieblichen, wissenschaftlichen und politischen Gründen neu konfiguriert werden.

Als man Ende der 1970er-Jahre nicht nur in Stuttgart davon ausging, dass Rechenzentren der Vergangenheit angehörten, gelang eine Rekonfiguration mit dem etwas veralteten ersten Vektorrechner von Seymour Cray. Er war nach langen Verhandlungen als Ersatz für die betagte Mainframemaschine angeschafft worden, ohne diese wirklich ersetzen zu können.

Die wichtigsten Elemente einer neuen Stuttgarter Supercomputerkultur wurden Mitte der 1980er-Jahre erkennbar. Gesetzt war diesmal eine brandneue Maschine. Völlig unklar war, wie sie zu betreiben war und wer ihre Kapazitäten auslasten sollte. Beides musste in den folgenden Jahren unter kritischer Beobachtung der Öffentlichkeit aufeinander abgestimmt werden.

Im Alleingang und auf Dauer liess sich das Rechnen an der Grenze der Berechenbarkeit in Stuttgart nicht stemmen. Gegen

Ende der 1990er-Jahre begann man deshalb mit einem heterogenen Maschinenpark und einer vielfältigen Supercomputinglandschaft zu rechnen, um die Exklusivität des eigenen Angebots abzusichern. Im Verbund mit den nationalen Supercomputingzentren gewann das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) eine ganze Reihe von strategischen Vorteilen. Es gehörte zu jenen Rechenzentren, auf deren Kompetenz sich die wissenschaftspolitischen Gremien des Bundes stützten. Stuttgart konnte seine Spezialisierung im Bereich der Computational Fluid Dynamics ausbauen, wurde auch für europäische Projekte attraktiv und damit zum Aushängeschild der eigenen Universität.

Das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart ist im Verlauf seiner Geschichte immer sichtbarer geworden. Mit interaktiven Simulationstechniken, intensiver Nutzerschulung, transparenter Architektur, professionellem Marketing und standardisierten Nutzungsverträgen wurde es in den 2000er-Jahren auch betrieblich stabilisiert. Supercomputing ist dadurch aber nicht selbstverständlich geworden. Steigende Energiekosten, das gegenwärtig verlangsamte Wachstum der Prozessorleistung und abermals neue Rechnerarchitekturen sorgen dafür, dass man in Stuttgart auch weiterhin an neuen Konfigurationen für das exklusive Rechnen an den Grenzen der Berechenbarkeit arbeiten wird.

Dank

Auch kleine technikhistorische Studien wie diese sind auf vielfältige Unterstützung angewiesen. Das sorgt bei ihren Autoren und den Befragten manchmal für produktive Verwirrung. Grosses Irritationspotenzial hatten die Diskussionen im technikhistorischen Forschungskolloquium und Seminar an der ETH Zürich sowie am Collegium Helveticum. Dankbar waren wir auch für den geduldigen Nachhilfeunterricht in Sachen High-Performance-Computing, der uns in Stuttgart gegeben wurde. In unseren Gesprächen wurde uns beispielsweise gesagt, es gebe ein bedeutendes Stuttgarter Computing lange vor dem HLRS. Oder wir wurden darauf hingewiesen, es gehe hier nicht einfach um die simple «Historie». Man müsse schon auch einiges von den technischen Dingen verstehen und könne den ganzen Rest als Ideologie behandeln. Jemand meinte gar, High-Performance-Computing sei doch schon im letzten Jahrhundert überflüssig geworden. Wir haben versucht, auch solche Einschätzungen produktiv nutzbar zu machen und historisch zu sortieren. Wo wir glaubten, wir hätten jetzt wieder etwas kapiert, warteten neue Überraschungen auf uns. Ohne die grosszügige, wohlwollend kritische Begleitung unseres Projekts durch die Leitung des HLRS hätten wir das nicht durchgestanden. Man überliess uns umfangreiches Quellenmaterial und war froh, es vorher nicht selber lesen zu müssen. Auch im Archiv der Universität Stuttgart durften wir unerschlossene Bestände sichten und profitierten von vielen Hinweisen. Namentlich möchten wir uns bei den folgenden Personen (in ungewohnt alphabetischer Reihenfolge ihrer Vornamen und entsprechend herzlich) für die erhaltene Unterstützung bedanken:

Agnes Lampke, Alexandra Hees, Andreas Kaminski, Christian Ritter, Daniela Zetti, Erich Projer, Erika Fischer, Harald Atmanspacher, Harald Buhmann, Henrike Hoffmann, Jutta Sauer, Michael Resch, Michele de Lorenzi, Norbert Becker, Rachele Delucchi, Rainer Klank, Simone Roggenbuck, Uwe Küster, Wilfred van Gunsteren.

Herbst 2020

D. G. und R. W.

Anmerkungen

- 1 Universität Stuttgart 2003, S. 9. Dazu kritisch Hoffmann 2004. Zu Argyris Brand 2012; Doltsinis 2004; Ingolf Grieger, John Argyris, in: Stuttgarter Uni-kurier, Nr. 93, April 2004.
- 2 Effenberger 2020.
- 3 Roland Rühle nannte jene Konfiguration, die er mitgestaltet hatte, das «Stuttgarter Modell». Roland Rühle, Das Stuttgarter Modell. Gemeinsame Nutzung eines Höchstleistungsrechners durch Universität und Industrie, Informationsveranstaltung der Universität Linz zum Thema «Supercomputing für Oberösterreichs Industrie und Wissenschaft», 15. 6. 1989 (Foliensatz) (Archiv Küster). Zum Konfigurationsbegriff Gugerli/Tornay 2018.
- 4 Auf die Frage, was es mit den Z1 bis Z21 auf sich hatte und warum und für wen ausgerechnet die Z22 die erste Maschine gewesen sein muss, kann hier nicht eingegangen werden.
- 5 Universität Stuttgart, Jahresbericht des Rechenzentrums 1971, S. 6 (UASt).
- 6 Universität Stuttgart, Jahresbericht des Rechenzentrums 1972, o. S. (UASt).
- 7 Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors 1975/76, S. 246 (UASt); Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors 1976/77, S. 242 (UASt).
- 8 Universität Stuttgart, Jahresbericht des Rechenzentrums 1976 (Vorwort) (UASt).
- 9 Harms/Meuer 1995, S. 104. Vgl. auch Ergebnisprotokoll des Gesprächs mit Prof. Haupt in Aachen am 4. 10. 1977 (UASt); Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors 1977/78, S. 303.
- 10 Deutsche Forschungsgemeinschaft, 12. 5. 1978, Stellungnahme der Kommission für Rechenanlagen zur Anfrage des Landes Baden-Württemberg vom 26. 7. 1977 bezüglich Erweiterung des Regionalen Rechenzentrums Stuttgart im Programm zur Errichtung Regionaler Rechenzentren (Az.: 375224/2/77), 12. 5. 1978 (UASt).
- 11 Rechenzentrum der Universität Stuttgart, Zukunftsrichtungen der Hardwareplanung an der Universität Stuttgart. Integrierendes Konzept zur künftigen Versorgung der Universität Stuttgart mit verteilter Rechenkapazität vom 15. 3. 1979 (UASt): «Es wurden in den letzten zwei Jahren verschiedene Anträge der Universität Stuttgart beim Land Baden-Württemberg eingereicht. Darunter: 1. Antrag vom 21. 7. 1977 auf den allgemeinen Ausbau des Regionalen Rechenzentrums, einschliesslich Beschaffung einer CYBER 175

als Realisierung der im Erweiterungsplan vom 1. 9. 76 vorgesehenen 2. Ausbaustufe (nach vielen Verhandlungen, konnte dieser Antrag vom Bund, aus finanziellen Gründen nicht bewilligt werden). 2. Antrag vom 22. 1. 79 auf Erweiterung der CYBER 174 Anlage, als reduzierte Alternative zum nichtbewilligten Antrag 1. S. oben. 3. Anträge der Institute für Kern- und Energietechnik (IKE) und Statik und Dynamik (ISD) für je einen Rechner der Grössenordnung VAX 780 oder Prime 750. 4. Anträge des Rechenzentrums (ursprünglich vom 21. 12. 76) und des Bereichs Ingenieurwissenschaften vom 7. 3. 77 für einen Minirechner, der primär als Konzentrador für den Interaktivbetrieb eingesetzt werden soll. Das Rechenzentrum hat aus Termingründen seinen Anteil des Antrags im November 1978 in die Prozedur der Regionalen Anschlussfinanzierung geleitet.»

- 12 Reinsch 1982, S. 171. Die Maschine arbeite im Dreischichtbetrieb und an 359 Tagen im Jahr, meldete das Rechenzentrum in seinem Jahresbericht von 1973; dennoch ergaben sich Wartezeiten von bis zu zwei Tagen für einen Job von wenigen Minuten Rechenzeit. Vgl. auch Universität Stuttgart, Jahresbericht des Rechenzentrums 1973 (UAST). Ähnlich auch Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors 1972/73, S. 102 (UAST): «Die Anlagen des Rechenzentrums sind den Kapazitätsanforderungen der Benutzer trotz 3-Schicht-Betrieb und Wochenendarbeit bei weitem nicht mehr gewachsen.» Die Stärke des im RUS betriebenen Grossrechners der Firma CDC war nicht das Rechnen an der Grenze der Berechenbarkeit, sondern die fabrikmässige Organisation des Rechenbetriebs mit Fernzugriff. Die Maschine integrierte möglichst viele verschiedene Anwendungsformen, nicht möglichst spektakuläre Anwendungen. Die Rede vom Dreischichtbetrieb war in den 1970er-Jahren eine gängige Umschreibung für einen Betrieb, der sich weder maschinen- noch personalseitig steigern liess.
- 13 Reinsch 1982, S. 172. So auch bereits Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors 1978–1980, S. 170 (UAST): «Als Folge der kritischen Situation wurden durch unsere Benutzer – gespeist aus unterschiedlichen Finanzierungsquellen – Minirechnerkapazitäten geschaffen.» Mitunter waren diese institutseigenen Kleinrechner ziemlich stattliche Computer (PDP, Prime oder auch VAX).
- 14 Reinsch 1980. Der Dritte EDV-Gesamtplan hat diesen Strukturwandel im Rückblick von 1989 als einen Prozess der «Diversifikation und Dezentralisierung» beschrieben. Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg 1989a, S. 29 f. Der Erste EDV-Gesamtplan betraf die Jahre 1971–1973, mit einer Vorausschau bis 1975. Erst 1977 wurde mit den Arbeiten am Zweiten EDV-Gesamtplan begonnen. Er umfasste die Jahre

1979–1985 und erschien 1980. Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg 1980, S. 2. Man kann daraus ablesen, dass zwischen 1973 und 1977 nur geringe Veränderungen in der Planung nötig waren, der Planungsbedarf aber gegen Ende der 1970er-Jahre zunahm. Die Schwierigkeiten, für die Stuttgarter CD 6600 einen Ersatz zu beschaffen, deuten in dieselbe Richtung.

- 15 Japanische Regionalrechenzentren, das wusste man auch in Stuttgart, versuchten an den skalenökonomischen Vorteilen grosser Anlagen festzuhalten. Reinsch 1980, S. 79.
- 16 Das Rechenzentrum, 2, 1978, S. 59 und 60 (Geleitwort des Herausgebers).
- 17 Reinsch an das Rektoramt der Universität Stuttgart, Dezernat Finanzen, am 3. 5. 1978 (UAST): «Hiermit übersenden wir Ihnen die Investitionsanträge 1978/79 mit der Bitte um Weiterleitung an die DFG zur Förderung aus dem Regionalprogramm.» Tatsächlich würde das Hochschulbauförderungsgesetz einen grossen Teil der weiteren Ausbaurkosten übernehmen. Der Bund unterstützte im Rahmen dieses Gesetzes bereits seit 1969 die Hochschulen der Länder bei ihren Erweiterungsbauten. In den Jahren 1973–1978 waren jedoch an den Hochschulen Baden-Württembergs im Rahmen des HBFSG insgesamt 73 Datenverarbeitungsanlagen mit Kosten von bescheidenen 22,2 Millionen D-Mark angeschafft worden. Vgl. dazu Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg 1980, S. 8.
- 18 Brief Eberhard Staiger, IBM Deutschland, an Karl-Gottfried Reinsch vom 11. 4. 1978 (Vermerk: Benchmark IBM System 3033) (UAST); Brief U. Löffler und W. Biela, Control Data GmbH, an Karl-Gottfried Reinsch vom 22. 2. 1978 (UAST); Hertweck et al. 1979.
- 19 Universität Stuttgart, Rechenzentrum der Universität Stuttgart, Zukunftsrichtungen der Hardwareplanung an der Universität Stuttgart. Integrierendes Konzept zur künftigen Versorgung der Universität Stuttgart mit verteilter Rechenkapazität vom 15. 3. 1979 (UAST).
- 20 Reinsch 1982, S. 101.
- 21 Karl-Gottfried Reinsch, Was heisst und zu welchem Ende betreibt man einen Grössrechner. Gewisse notwendige Elemente eines Konzepts. Stellungnahme zu Aspekten der Informationsverarbeitung in Baden-Württemberg (Dok.-Nr.: 79/50, RD 16/500-1), Oktober 1979, Stuttgart, S. 7 (UAST).
- 22 Reinsch sah diese Option beim Studium regionaler Grossrechenzentren in Japan. Hier entstanden, so Reinsch, neue Netzwerkservices und -architekturen, die die «Grundlage für einen Rechnerverbund» bilden. Rechner könnten damit in Form von «function sharing» genutzt werden. Damit sei es möglich, «einen vorprogrammierten Engpass für Rechenzentren mit

- vielfältigem Anwendersoftwareangebot» zu entschärfen und «Beratung und Programmpflege» anzubieten. Reinsch 1980, S. 77.
- 23 Wenn die dezentralen Institutsrechner eine Bedrohung für das Rechenzentrum darstellten, heisst das nicht, dass die Nachfrage nach zentral offerierter Rechenkapazität zurückgehen musste. In den späten 1970er-Jahren begannen auch Disziplinen mit der Nutzung von Mainframekapazitäten, die man nicht selbstverständlich für rechneraffin gehalten hätte, man denke nur an die Korpuslinguistik, die Soziologie oder die Kliometriker. Sie waren in Stuttgart zwar nicht vertreten. Aber die disziplinäre Struktur des Userfeldes wurde dennoch vielfältiger. Das bestätigt die ausdifferenzierte Programmbibliothek des Rechenzentrums. D. Kirchgraber (Rechenzentrum der Universität Stuttgart), Die Programmbibliothek. Allgemeine Übersicht, 1978 (UAST). Auch die Einrichtung eines Rechnerbenutzerausschusses im Rektorat Zwicker, der von Prorektor Franz Effenberger präsiert wurde, bestätigt die ausdifferenzierte Benutzerlandschaft. Effenberger 2020, S. 73.
 - 24 Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors 1978–1980, S. 171 (UAST).
 - 25 Das ist ein Topos, der immer wieder im Zusammenhang mit der Zukunftsgestaltung des Stuttgarter Rechenzentrums auftaucht, zum ersten Mal bei der Gründung des Regionalen Rechenzentrums der Universität 1972.
 - 26 Universität Stuttgart, Wissenschaftlicher Grössttrechner für das Land Baden-Württemberg. Antrag zur Realisierung am Regionalen Rechenzentrum der Universität Stuttgart, Stuttgart 15. 3. 1980 (UAST).
 - 27 Mönkediek 2009, S. 24.
 - 28 Leimbach 2011, S. 166.
 - 29 Sandner 2008, S. 193. Aus dieser Arbeitsgruppe entstand 1981 der «Arbeitskreis der Leiter der Universitätsrechenzentren in Baden-Württemberg», dessen Mitglieder auf ihrer ersten Sitzung den «Konstanzer Seefrieden» schlossen.
 - 30 Sandner 2008, S. 193.
 - 31 Ebd.
 - 32 Die Cray-1 hatte Computergeschichte geschrieben, als sie 1976 mit ihrer präzedenzlosen Rechenkapazität auf den Markt kam. Das erste Rechenzentrum, das in Deutschland eine Cray-1 betrieb, war das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching (1979). Hoßfeld 1984, S. 280. Zur Förderstruktur der DV-Programme des Bundes siehe Leimbach 2011, S. 166. Das von 1971 bis 1975 laufende zweite DV-Programm sollte für alle Bereiche der Forschung und Lehre der Hochschule «leicht zugreifbare Rechenkapazität» ermöglichen. Zudem fasste es das «Rechenanlagenbeschaffungsprogramm der Deutschen

Forschungsgemeinschaft, die Rechnerbeschaffung im Rahmen der Bundesförderung des Ausbaus von Hochschulen und das Programm für regionale Grossrechenzentren» in ein einheitliches Programm zusammen, das von der DFG koordiniert wurde. Vgl. dazu Forschungsbericht (IV) der Bundesregierung 1972, S. 98. Mit dem Ende des dritten DV-Programms 1979 ergab sich eine Stagnation in der Beschaffung von Grossrechnern, die vom Bund mitfinanziert wurden. Dazu auch Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors 1978–1980, S. 170 (UAST).

- 33 Effenberger 2020, S. 75. Vgl. auch Natalja Krieger (2014): Station Q: Mikroelektronik und Rechenzentrum bzw. Technische Informations- und Kommunikationsdienste, www.uni-stuttgart.de/universitaet/profil/historie/campus/stationen/vaihingen/west/info_station_q1.pdf (zuletzt abgerufen am 6. 10. 2020).
- 34 Späth 1985. Zur Neugestaltung der wissenschaftspolitischen Regeln in der BRD um die Mitte der 1980er-Jahre siehe Gall 2001. Zur Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft vgl. auch Evers/Nowotny 1987.
- 35 Dazu programmatisch der Wissenschaftsrat 1985: «Wettbewerb setzt zunächst ein gewisses Mass an Handlungsfreiheit für die am Wettbewerb Beteiligten voraus. Wer sich im Wettbewerb bewähren soll, muss das Recht und die Möglichkeit haben, nach eigener Entscheidung individuelle Leistungen zu erbringen und dabei auf die Signale des Wettbewerbsmechanismus zu reagieren.» Wissenschaftsrat 1985, S. 7.
- 36 Jürgen Blum, Vorwort, in: ders. (Hg.): Höchstleistungsrechner. Anwendung. Finanzierung. Organisation. Ein Bericht über ein Expertenseminar, Stuttgart 1985 (Akten Küster).
- 37 Roland Rühle, Anwendung für Vektorrechner in den Universitäten am Beispiel der Universität Stuttgart, in: Jürgen Blum (Hg.): Höchstleistungsrechner. Anwendung. Finanzierung. Organisation. Ein Bericht über ein Expertenseminar, Stuttgart 1985, S. 1–10 (Akten Küster).
- 38 Rolf Theenhaus, Anwendungen für Höchstleistungsrechner bei Grossforschungseinrichtungen am Beispiel der KFA Jülich, in: Jürgen Blum (Hg.): Höchstleistungsrechner. Anwendung. Finanzierung. Organisation. Ein Bericht über ein Expertenseminar, Stuttgart 1985, S. 12 (Akten Küster).
- 39 Peter E. Schuhe, Organisation und Finanzierung des Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik Berlin (ZIB), in: Jürgen Blum (Hg.): Höchstleistungsrechner. Anwendung. Finanzierung. Organisation. Ein Bericht über ein Expertenseminar, Stuttgart 1985, S. 1–7 und Anhang (Akten Küster); Wolfgang Männel, Kostenverteilung für Investitionen und Betrieb von Höchstleistungsrechnern im Rahmen einer Kooperation von Industrie, Grossforschungs-

einrichtungen und Universitäten, in: Jürgen Blum (Hg.): Höchstleistungsrechner. Anwendung. Finanzierung. Organisation. Ein Bericht über ein Expertenseminar, Stuttgart 1985, S. 1–17 (Akten Küster).

- 40 Jürgen Blum, Eine Vertriebsgesellschaft für das Höchstleistungsrechenzentrum an der Universität Stuttgart?, in: ders. (Hg.): Höchstleistungsrechner. Anwendung. Finanzierung. Organisation. Ein Bericht über ein Expertenseminar, Stuttgart 1985, S. 3 (Akten Küster). Die Organisationsüberlegungen beschäftigten das Rektoramt und das Ministerium für Wissenschaft und Kunst über viele Monate hinweg. Am 22. 11. 1985 übermittelte das Rektoramt ein diesbezügliches Gutachten des Instituts für Unternehmensanalysen. Einen «Entwurf für Organisationsüberlegungen für den Betrieb des Höchstleistungsrechners Cray-2 der Universität Stuttgart und der Gründung einer Vertriebs-GmbH» sandte Kanzler Blum am 15. 10. 1986 per Boten an Oberregierungsrat Peters im Ministerium für Wissenschaft und Kunst (UAST).
- 41 Das Prinzip der Entlastung besonders leistungsfähiger Rechner wurde besonders augenfällig bereits Mitte der 1960er-Jahre im Kontrollzentrum der NASA in Houston angewendet. Auch dort gab es Inputrechner, Backuprechner, Anlagen zur grafischen Auswertung und rund 2000 Angestellte, die den maschinellen Rechenbedarf in analytischen Zusatzschlaufen reduzierten. Vgl. Gugerli 2018, S. 88–105.
- 42 Rechenzentrum Universität Stuttgart 1986. Broschüre aus Anlass der bevorstehenden Auslieferung einer Cray-2 im September 1986 (Akten Sauer). Diese Broschüre ist ein sorgfältig gestaltetes, nicht paginiertes Selbstdarstellungsheft des Rechenzentrums der Universität Stuttgart, das wohl in der ersten Hälfte des Jahres 1986 aus Anlass der bevorstehenden Auslieferung einer Cray-2 im September 1986 gestaltet und von Jutta Sauer aufbewahrt worden ist. Es fehlen der Umschlag und das Impressum.
- 43 Bereits 1975 war eine PDP 11/40 als interaktiver Grafikrechner am RUS vorhanden. Rühle 1990, S. 5.
- 44 Zum Vorrechner der Cray-1, dessen Beschaffung intensive Debatten im Rechnerbenutzerausschuss ausgelöst hatte und nicht bei Siemens, sondern bei IBM bestellt wurde, vgl. Effenberger 2020, S. 74 f.
- 45 Eine im August 1987 publizierte Broschüre des RUS betont die Vielfalt der Netzzugänge: «Die Anlagen des Rechenzentrums sind mit Hilfe verschiedener Technologien (IBM-, DECnet-, TCP/IP-, OSI-Protokolle) über lokale und überregionale Netze (Ethernet, HYPERchannel, DATEX-P/DFN, EARN) erreichbar.» Rechenzentrum der Universität Stuttgart, August 1987 (UAST).
- 46 Loebich et al. 1987, S. 653.
- 47 Rühle 1990, S. 4. Vgl. auch bereits Rühle 1971 und Rühle 1973.

- 48 Loebich et al. 1987, S. 653.
- 49 Computer Zeitung, 4. 3. 1987.
- 50 Die Ausschliesslichkeitsklausel lautet wie folgt: «Naturerlich sind wir mit verschiedenen Firmen in Deutschland in Gesprächen ueber eine Cray-2. Wir erwarten jedoch nicht, dass innerhalb von 12 Monaten nach Lieferung Ihrer Cray-2 eine weitere Lieferung erfolgt. Sollten solche Anforderungen auf uns zukommen, werden wir uns erlauben, um Ihre Zustimmung zu bitten.» Brief von Cray Research Inc. an Lothar Späth (Datum unbekannt) (UAST).
- 51 Computer Zeitung, 4. 3. 1987.
- 52 Die Cray-1 musste länger als vorgesehen in Betrieb gehalten werden und konnte erst im Juli 1987 abgeschaltet werden. Zu diesem Zeitpunkt lag die Auslastung der Cray-2 bei gut 30 Prozent und stieg bis Ende des Jahres auf rund 70 Prozent. Vgl. Karl-Gottfried Reinsch, Bericht Betriebszeitraum CRAY-2 vom November 1986 bis Oktober 1987, S. 9 (UAST). Das führte auch zu einem Konflikt mit dem Bauamt, da der zusätzliche Strombedarf durch den Doppelbetrieb nur dank der provisorischen Installation eines anderweitig benötigten Transformators abgedeckt werden konnte und entweder zu bauplanerischen Unsicherheiten oder zusätzlichen Investitionskosten führte. Universitätsbauamt an Rechenzentrum der Universität Stuttgart, 13. 10. 1986 (UAST).
- 53 Am 20. 9. 1985 schickte das Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Baden-Württemberg mit dem Betreff «Beschaffung eines Höchstleistungsrechners Cray 2 für die Universität Stuttgart, hier: Mitnutzung des Rechners durch Firmen» (UAST) eine Liste mit möglichen industriellen Interessenten. «Da ich mich seit geraumer Zeit vergeblich um ein Telefonat mit Ihnen bemühe ...», beginnt ein Schreiben des Kanzlers der Universität Stuttgart an Dr. Wilfert von der Technischen Datenverarbeitungsabteilung von Daimler-Benz vom 20. 10. 1986 (UAST). Es gehe darum, «das Rechenzentrum der Universität Stuttgart der Industrie zur Mitnutzung anzubieten». Daimler-Benz hüllte sich in Schweigen. Der Plan zur Einrichtung einer Vertriebsgesellschaft scheiterte an der Einsprache des Landesrechnungshofes. Vgl. Kanzler Blum an Herrn Beyer, IKOSS, 3. 11. 1986 (UAST): «Leider müssen wir Ihnen mitteilen, dass unsere Bestrebungen zur Einrichtung einer Vertriebsgesellschaft für die Nutzung des Höchstleistungsrechners CRAY-2 derzeit zurückgestellt sind. Wie Sie sicherlich der Presse entnommen haben, gibt es gegen derartige Gesellschaften schwerwiegende Bedenken von Seiten des Landesrechnungshofes.» Auch die schon im Mai 1985 aufgenommenen Verhandlungen mit der Max-Planck-Gesellschaft scheitern. Vgl. Anfrage von Rektor Zwicker an den Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft am 24. 6. 1985 (UAST). Die Universität Stuttgart verfolgte dieses Anliegen mindestens bis zum Sommer 1988. Vgl. Schreiben

der Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft an das Rektoramt der Universität Stuttgart vom 20. 9. 1988 (UAST): «Da die Max-Planck-Institute inzwischen zu günstigen Konditionen bei anderen Rechenzentren Vektorrechenzeit erhalten, ist das Rechenzentrum Garching nicht mehr vollständig ausgelastet. Wir bitten Sie deshalb um Verständnis, wenn wir vorerst abwarten wollen, wie in welchem Umfange sich der Bedarf an Vektorrechenzeit an den Max-Planck-Instituten entwickelt.»

- 54 Computer Zeitung, 4. 3. 1987.
- 55 Reinsch 1987, S. 103.
- 56 MacKenzie 1991.
- 57 O. A., Stürme aus dem Rechner, in: hightech 5/89, S. 5 (Akten Sauer).
- 58 Wolfgang Brand, Spitzenrechner für Spitzenleistungen. Die Geschichte des Einsatzes von Hochleistungsrechnern in der Crashesimulation bei Porsche (Hausarbeit), www.hi.uni-stuttgart.de/wgt/forschung/studiprojekte/Projektseminar-Porsche-/porsche-hausarbeiten-copy/Brand_pop.pdf (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 59 O. A., Breisgau metropole schliesst sich Stuttgarter Superrechner an, in: Badisches Tagblatt, 20. 9. 1988.
- 60 Die Gründung dieser regionalen Vertriebsgesellschaft entsprach der Forderung des Stuttgarter Kanzlers Blum im Expertenseminar nach neuen Organisationsmodellen für den Vertrieb der Rechenkapazitäten der Cray. Doch diese Gründung lief anders ab, als man es sich in Stuttgart gewünscht hatte. Blum beschwerte sich beim Ministerium über «diverse, noch nicht ausreichend geklärte Punkte» hinsichtlich eines Supercomputerzentrums Oberheim. Unter anderem beklagte er, dass ein Mitwirkungsrecht des Supercomputerzentrums im Lenkungsgremium für die Nutzung der Cray-2 vorgesehen war. Für die Universität Stuttgart sei das indiskutabel. Es könne schliesslich nicht sein, «dass eine privatwirtschaftlich organisierte Einrichtung Einfluss auf die Gremien der Universität gemäss Universitätsgesetz erhält». Brief von Blum, Kanzler Universität Stuttgart, an das Ministerium für Wissenschaft und Kunst vom 27. 11. 1986 (UAST).
- 61 Christian Brauner, «Mit Hilfe des rasend schnellen Computers die lästige Konkurrenz ausbremsen», in: Badische Zeitung vom 3. 2. 1989, o. S. (Akten Sauer).
- 62 Ebd.
- 63 Ebd.
- 64 Ebd.
- 65 Ebd.
- 66 Universität Stuttgart, Beschaffung eines Höchstleistungsrechners vom Typ CRAY-3 für die Universität Stuttgart, 1989, S. 5 (Akten Küster).

- 67 Ebd.
- 68 Ebd., S. 10 f.
- 69 Lang 1989.
- 70 Ebd.
- 71 Universität Stuttgart, Beschaffung eines Höchstleistungsrechners vom Typ CRAY-3 für die Universität Stuttgart, 1989, S. 9 (Akten Küster).
- 72 Ebd.
- 73 Lang 1993, S. 126.
- 74 Rechenzentrum Universität Stuttgart 1994, S. 12.
- 75 Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr.-Ing. Jürgen Giesecke, 1. 10. 1990 bis 30. 9. 1991, S. 37 (UAST).
- 76 Lang/Rühle 1992, S. 122.
- 77 Ebd.
- 78 Ebd.
- 79 Ebd.
- 80 Ebd., S. 127.
- 81 Schlecht 1989, S. 1.
- 82 Universität Stuttgart, Beschaffung eines Höchstleistungsrechners vom Typ CRAY-3 für die Universität Stuttgart, 1989, S. 9 (Akten Küster).
- 83 Universität Stuttgart, Forschungsbericht 1995/96, S. 348 (UAST).
- 84 Ebd.
- 85 Gentzsch 1987.
- 86 Meuer 1992, S. 388.
- 87 Brief von Cray Research Inc. an Lothar Späth (Datum unbekannt) (UAST).
- 88 Roland Bischoff: «Cray 2 schon voll? Ein Gespräch mit den beiden Direktoren des Rechenzentrums der Universität Stuttgart, Prof. Dr. Roland Rühle und Dr.-Ing. Karl-G. Reinsch über die Auslastung und Engpässe des Supercomputers Cray 2», in: Computer Magazin, 7. 8. 1988, S. 2 (Akten Sauer).
- 89 Uebelmesser 1989, S. 36.
- 90 Ebd.
- 91 Universität Stuttgart, Beschaffung eines Höchstleistungsrechners vom Typ CRAY-3 für die Universität Stuttgart, 1989, S. 26 (Akten Küster).
- 92 Ebd.
- 93 Ebd.
- 94 Ebd., S. 1.
- 95 Ebd.
- 96 Ebd., S. 27.
- 97 Ebd.
- 98 Meuer 1990, S. V f.

- 99 Meuer 1991b, S. V.
- 100 Ebd.
- 101 Jenkins 1986.
- 102 Meuer 1991a.
- 103 Ahlrichs 1990, S. 179.
- 104 Ebd.
- 105 Rolf Kuhfuss, Alfred Geiger, Uwe Küster, Supercomputer der 90'er Jahre (vertraulich), 5. 12. 1989, Stuttgart, Vorwort, o. S. (Akten Küster).
- 106 Ebd.
- 107 Bailey 1992.
- 108 Gentzsch 1987.
- 109 Rolf Kuhfuss, Alfred Geiger, Uwe Küster, Supercomputer der 90'er Jahre (vertraulich), 5. 12. 1989, Stuttgart, Vorwort (o. S.) (Akten Küster).
- 110 Ebd.
- 111 Für den Vergleich *Forbes* und Top 500 vgl. Harald Lux, «Hans-Werner Meuer ist Herr über die Hitparade der schnellsten Rechner der Welt», in: *Die Zeit*, 13. 6. 1997.
- 112 Lax 1982, Appendix I. Information on Selected Facilities, 26. 12. 1982.
- 113 Wissenschaftsrat 1987, Anhang 1. Ausstattung der Universitäten mit Rechnern im Rechenzentrum, in der Bibliothek, in der Hochschulverwaltung, in den Medizinischen Einrichtungen und in den Fachbereichen/Instituten (Stand: März 1987), S. 47–65 (Stuttgart: S. 49).
- 114 Dongarra/Luszczek 2011, S. 2056.
- 115 Dongarra et al. 1979. Zur selbsterzählten Geschichte des Linpack-Benchmark Dongarra/Luszczek/Petitot 2003.
- 116 Harald Lux, «Hans-Werner Meuer ist Herr über die Hitparade der schnellsten Rechner der Welt», in: *Die Zeit*, 13. 6. 1997.
- 117 Dongarra/Luszczek 2011, S. 2056.
- 118 www.top500.org/lists/top500/1993/06 (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 119 Universität Stuttgart, Antrag der Universität Stuttgart auf die Beschaffung eines Höchstleistungsrechnersystems als Nachfolger für die Cray-2, 7. 7. 1992, S. 5 (Akten Küster).
- 120 Ebd.
- 121 Eine Cray-3 sollte es ausserhalb des amerikanischen National Center for Atmospheric Research (NCAR) nicht geben. Anthes 1994. Wikipedia schreibt: «Die Entwicklung verzögerte sich von 1988/1989 auf 1993. Abgesichert durch einen Auftrag und staatliche Unterstützung, konnte er mit einem Aufwand von 120 Millionen USD 1993 einen Prozessor der Cray-3 vorstellen und

auch im NCAR installieren.» <https://en.wikipedia.org/wiki/Cray-3> (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).

- 122 Reuter 1993.
- 123 Universität Stuttgart, Antrag der Universität Stuttgart auf die Beschaffung eines Höchstleistungsrechnersystems als Nachfolger für die Cray-2, 7. 7. 1992, S. 33 (Akten Küster).
- 124 Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg 1989b, S. 194.
- 125 «Konkrete Pläne zu Erreichung dieses wünschenswerten Zieles sind der Kommission nicht bekannt geworden. Sie empfiehlt im Übrigen einen engen Kontakt zu den entsprechenden Bestrebungen der Universität Karlsruhe im Sinne eines Austauschs von Ergebnissen und Erfahrungen.» Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg 1989b, S. 194.
- 126 Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1992 bis 30. 9. 1993, S. 25 (UAST).
- 127 Das Institut für Parallele und Verteilte Höchstleistungsrechner (IPVR) wurde im März 1989 an der Fakultät für Informatik gegründet. Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Franz Effenberger, 1. 10. 1988 bis 30. 9. 1989, S. 17 (UAST). Eine Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum war fest eingeplant. Siehe Brief von Prof. Dr. A. Reuter an die Thinking Machines GmbH, 29. 1. 1991 (Akten Küster). Der nachfolgende Rechenschaftsbericht des Rektors vermeldete: «Der Aufbau des neuen Instituts für «Parallele und Verteilte Höchstleistungsrechner» kommt gut voran. So wurden inzwischen Kooperationsvereinbarungen mit den Firmen IBM und Digital Equipment sowie ein Kooperationsvertrag mit der Universität Tübingen abgeschlossen.» Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Franz Effenberger, 1. 10. 1989 bis 30. 9. 1990, S. 21 (UAST).
- 128 Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1992 bis 30. 9. 1993, S. 25 (UAST).
- 129 Alfred Geiger, Neuer Rechner. Massively Parallel Supercomputing: Installation einer intel Paragon XP&S-5 an der Universität Stuttgart, in: BI. Informationen für Nutzer des Rechenzentrums, 11/12, 1992, S. 1 (UAST).
- 130 Gentzsch 1987.
- 131 Hord 1982.
- 132 Alfred Geiger, Neuer Rechner. Massively Parallel Supercomputing: Installation einer intel Paragon XP&S-5 an der Universität Stuttgart, in: BI. Informationen für Nutzer des Rechenzentrums, 11/12, 1992, S. 1 (UAST).
- 133 Ebd., S. 2.
- 134 Ebd., S. 1.
- 135 Ebd.

- 136 Ebd., S. 2.
- 137 Ebd.
- 138 Rechenzentrum der Universität Stuttgart 1994, S. 21.
- 139 Ebd.
- 140 Alfred Geiger, Paralleles Rechnen an der Uni Stuttgart, in: Bl. Informationen für Nutzer des Rechenzentrums, 1/2, 1995, S. 4 (UASt).
- 141 Ebd.
- 142 Ebd., S. 5.
- 143 Ebd.
- 144 Ebd., S. 6.
- 145 Ebd.
- 146 Ebd., S. 7.
- 147 Ebd.
- 148 Ebd., S. 4.
- 149 Ebd.
- 150 Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1993 bis 30. 9. 1994, S. 40 (UASt).
- 151 Ebd.
- 152 Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Universität Stuttgart, Forschung – Entwicklung – Beratung, März 1995, S. 185 (UASt). Ausführlicher zu den einzelnen Projekten Rechenzentrum Universität Stuttgart 1994, S. 79–87.
- 153 Rechenzentrum Universität Stuttgart 1994, S. 79.
- 154 Universität Stuttgart, Antrag der Universität Stuttgart auf Beschaffung eines Höchstleistungsrechnersystems als Nachfolgerechner für die Cray-2, 7. 7. 1992, S. 1 (Akten Küster).
- 155 Rühle 1995, S. 262.
- 156 HPSC 1992, S. 5.
- 157 Ebd.
- 158 Wissenschaftsrat 1995a, S. 9.
- 159 Ebd.
- 160 Ebd., S. 17.
- 161 Ministerium für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg 1995, S. III (Vorwort).
- 162 Rühle 1995, S. 262.
- 163 Wissenschaftsrat 1995a, S. 17.
- 164 Ebd., S. 23.
- 165 Ebd., S. 24.
- 166 Ebd., S. 25.

- 167 Rechenzentrum Universität Stuttgart 1994, S. 1.
- 168 Ebd.
- 169 Ebd.
- 170 Nachdem «auf Initiative des Rektorats bei Ministerpräsident Teufel das Kabinett 35 Millionen D-Mark aus dem Verkauf der Gebäudeversicherung zur Verfügung gestellt hat», konnte zunächst das Antragsverfahren bei der DFG wieder in Gang gesetzt werden. Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1993 bis 30. 9. 1994, S. 37 (UASt). Das von der DFG favorisierte Konzept sah vor, einen Vektorrechner mit einem Parallelrechner zu koppeln. Über eine «geeignete Organisationsform» (ebd.) wurde dann in unterschiedlichen Arbeitsgruppen beraten, in denen Vertreter aller Partner beteiligt waren. Einladung zur Arbeitsgruppe zur «Erarbeitung eines Nutzungs- und Betriebskonzepts» für den Höchstleistungsrechner in Stuttgart am 23. 3. 1995 im Mannheimer Hof, Brief vom Ministerium für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg an Roland Rühle vom 9. 3. 1995 (Akten Küster). Als Ergebnis dieser Beratungen wurde am 26. 7. 1995 der Gesellschaftervertrag für die hww GmbH unterzeichnet.
- 171 Rektorin der Universität Stuttgart Prof. Dr. Heide Ziegler: Grusswort zur HLRS Einweihung, in: F. Rainer Klank, Der Festakt, Einweihung des Bundes-Höchstleistungsrechenzentrums, o. S., <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/5778/1/186.pdf> (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 172 Ebd.
- 173 Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1994 bis 30. 9. 1995, S. 9 (UASt).
- 174 Rektorin der Universität Stuttgart Prof. Dr. Heide Ziegler: Grusswort zur HLRS Einweihung, in: F. Rainer Klank: Der Festakt, Einweihung des Bundes-Höchstleistungsrechenzentrums, o. S., <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/5778/1/186.pdf> (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 175 Harms/Meuer 1995, S. 106.
- 176 Ebd. Von der Rektorin der Universität Stuttgart wurde in diesem Zusammenhang auch Marcus Bierich erwähnt, der damalige Vorstandsvorsitzende des Stuttgarter Elektronikkonzerns Robert Bosch. Rektorin der Universität Stuttgart Prof. Dr. Heide Ziegler: Grusswort zur HLRS Einweihung, in: F. Rainer Klank, Der Festakt, Einweihung des Bundes-Höchstleistungsrechenzentrums, o. S., <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/5778/1/186.pdf> (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 177 Die Universität Stuttgart hielt zu Beginn 25 Prozent des Stammkapitals, das Land Baden-Württemberg ebenfalls 25 Prozent, die debis Systemhaus GmbH 40 Prozent und Porsche die übrigen 10 Prozent. Vgl. Rechenschafts-

- bericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1994 bis 30. 9. 1995, S. 9 (UAST).
- 178** Ministerium für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg 1995, S. 102.
- 179** Ebd.
- 180** Die Einrichtung des HLRS war in zwei Stufen geplant. Auf jeder Stufe sollten von den beteiligten Partnern festgelegte Geldbeträge freigegeben und neue Rechner beschafft werden. Eine kompakte Übersicht über das Modell liefern Harms und Meuer: «Hier wird nicht mehr gekleckert, sondern massiv geklotzt: das Land hat seinen Finanzierungsanteil von 15 Millionen Mark und für eine zweite Tranche nochmals 20 Millionen Mark fest zugesagt. Der Bund wird Komplementärmittel in Höhe von 15 Millionen Mark beisteuern. Der Wissenschaftsrat hat die Bundesmittel in Höhe von 20 Millionen Mark schon befürwortet. Die Industrie wird entsprechende Rechner und Rechnernutzung im Wert von über 40 Millionen Mark sowie das zugehörige Know-how in die Kooperation einbringen, also zunächst 70 Millionen und in der letzten Stufe insgesamt 110 Millionen Mark für das «Superzentrum» in Stuttgart.» Harms/Meuer 1995, S. 106.
- 181** Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1995 bis 30. 9. 1996, S. 54 (UAST).
- 182** Höchstleistungsrechenzentrum Universität Stuttgart (HLRS), Richtlinien für die Organisation, die Nutzung und den Betrieb, 14. 6. 1996, o. S. (UAST).
- 183** Ebd.
- 184** Ebd. Für die Industrie sollte die debis Systemhaus die Verteilung der Kapazitäten organisieren, bei Porsche wollte man die Rechner ausschliesslich für den eigenen Bedarf nutzen.
- 185** Harms/Meuer 1995, S. 106.
- 186** Höchstleistungsrechenzentrum Universität Stuttgart (HLRS), Richtlinien für die Organisation, die Nutzung und den Betrieb, 14. 6. 1996, o. S. (UAST).
- 187** Ebd.
- 188** Ebd.
- 189** Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1995 bis 30. 9. 1996, S. 54 (UAST).
- 190** F. Rainer Klank, Ulrich Lang, Andreas Rozek, Ministerpräsident Teufel am RUS, in: Bl. Informationen für die Nutzer des Rechenzentrums, 3, 1996, S. 12 (UAST).
- 191** Ebd.
- 192** Ebd., S. 15.
- 193** Ebd., S. 18.

- 194 Ebd.
- 195 Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr. Heide Ziegler, 1. 10. 1994 bis 30. 9. 1995, S. 10 (UASt).
- 196 Wissenschaftsminister Klaus von Trotha: «Deutscher Wissenschaft in der internationalen Konkurrenz einen Spitzenplatz sichern?», in: F. Rainer Klank, Der Festakt, Einweihung des Bundes-Höchstleistungsrechenzentrums, o. S., <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/5778/1/186.pdf> (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 197 F. Rainer Klank, Der Festakt, Einweihung des Bundes-Höchstleistungsrechenzentrums, o. S., <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/5778/1/186.pdf> (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 198 Video der Landespressekonferenz vom 30. 1. 1996 (UASt).
- 199 Im Juni 1996 erreichte die NEC SX-4/32 Platz zehn im Top-500-Ranking. Im Juni 1997 erreichte die Stuttgarter T3E Cray HPE ebenfalls Platz zehn, die NEC SX-4/32 wurde auf Platz 38 geführt. www.top500.org/lists/top500/1996/06 (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 200 So forderte bereits der Bangemann-Bericht: «Two features are essential to the deployment of the information infrastructure needed by the information society: one is a seamless interconnection of networks and the other that the services and applications which build on them should be able to work together (interoperability).» European Commission 1994, S. 17.
- 201 Ministerium für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg 1995.
- 202 Zur GMD vgl. Wiegand 1994. Die GMD schien zum Bundesministerium schon länger in einer angespannten Beziehung gestanden zu haben. Umstritten war zunächst der Grad ihrer theoretischen Ausrichtung beziehungsweise ihrer Anwendungsorientierung. Mitte der 1990er-Jahre diente sie als Aufangbecken von Instituten der Akademie der Wissenschaften der DDR und wurde um 2000/01 in die Fraunhofer-Gesellschaft integriert.
- 203 Hoßfeld et al. 1997. Interessanterweise wurde Roland Rühle nicht als HLRS-Direktor, sondern als «Leiter des RUS» aufgeführt. Die Machbarkeitsanalyse behandelte damit die vier Institutionen als ebenbürtige Einrichtungen und verzichtete auf bundesrepublikanische Distinktionsmittel.
- 204 Obschon die Auftragslage des Berichts vielleicht etwas prekär war, liess sich das Anliegen nicht nur mit der Nachfrage derjenigen begründen, die bei der Verteilung der HPC-Mittel in Zukunft leer ausgehen würden. Auf dem Titelblatt des Berichts vermerkt ist ein indirekter Auftrag des «Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie», nämlich das «FE-Vorhaben» unter dem Kennzeichen «01 IR 602/9». Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liege bei der federführenden Institution,

also im Zentralinstitut für Angewandte Mathematik im Forschungszentrum Jülich. Der Text der Machbarkeitsanalyse erlebte mehrere Revisionen, vgl. Hoßfeld 1998, und erschien in den Proceedings der Tagung «Supercomputing '98», Mannheim, 18.–20. 6. 1998.

- 144
- 205 Hoßfeld et al. 1997, S. 5. Weitere Belege aus dem deutschen HPC-Kontext für diesen Topos bei Rolf Theenhaus, Anwendungen für Höchstleistungsrechner bei Grossforschungseinrichtungen am Beispiel der KFA Jülich, in: Jürgen Blum (Hg.): Höchstleistungsrechner. Anwendung. Finanzierung. Organisation. Ein Bericht über ein Expertenseminar, Stuttgart 1985, S. 9. (Akten Küster); Reinsch 1988, S. 21. Der Topos findet sich meist an prominenten Stellen von einschlägigen Texten, so im *Rubbia-Report* der Europäischen Kommission (Commission of the European Communities 1992, S. 213), bei Gropp et al. 1994, S. 1, oder viel später auch noch bei Wagner 2009, S. 45. Er ist von den Medienwissenschaften gerne aufgenommen und (vermutlich) als Provokation an die ideengeschichtliche Abteilung der Wissenschaftsgeschichte und an die Wissenschaftsphilosophie gesendet worden, die das gerne ignorierten. Vgl. auch Pias 2011.
- 206 Wissenschaftsrat 1995a; Wissenschaftsrat 1995b.
- 207 Deutsche Forschungsgemeinschaft 1991.
- 208 Hoßfeld et al. 1997, S. 7 f.
- 209 Ebd., S. 8 f.
- 210 Almond hatte schliesslich seit 1967 am RUS gearbeitet und war unter Reinsch lange Zeit Stellvertretender Direktor. «Dr. James C. Almond, Ph. D., Jahrgang 1933, Studium Chemie-Ingenieurwissenschaft an der University of Washington, Seattle, Washington, USA. Seit 1967 am Rechenzentrum der Universität Stuttgart; jetzt Stellvertretender Direktor.» Autorenangaben unter dem Text: James C. Almond, ECODU (European Control Data User), in: Rechenzentrum, Heft 3, 1980, S. 181 f.
- 211 Almond 1990, S. 186.
- 212 Ebd.
- 213 Ebd. (Hervorhebung im Original).
- 214 Ebd., S. 188.
- 215 Ebd.
- 216 Weingart 2006.
- 217 Hoßfeld et al. 1997, S. 9.
- 218 Zitiert wurden Smarr/Catlett 1992 und Khokhar 1993. Gemeint waren aber wohl auch Stuttgarter Arbeiten wie Geiger 1993, Geiger 1994 und Resch et al. 1994.
- 219 Hoßfeld et al. 1997, S. 10.

220 Die Accelerated Strategic Computing Initiative hatte unter anderem zum Ziel, die Auswertung der Daten von Tests mit nuklearen Waffen durch HPC-Anlagen durchzuführen und sie möglicherweise sogar durch die rechnergestützte Simulation nuklearer Explosionen zu ersetzen. «The object is to store, share, and analyze the vast quantities of data collected from the 1027 nuclear tests conducted since 1945, from 50 years of research at the labs, and from the new experiments conducted under the guise of stockpile stewardship. All this data and processing power, say planners, should enable scientists to create virtual nuclear explosions that will model the performance of stored, aging weapons», konnte man im Oktober 1995 in *Science* lesen. Weisman 1995, S. 21.

Die Einschränkung der Aufmerksamkeit von nationalen Förderagenturen kommt durch das Zusammenwirken von Anträgen und Gutachten zustande, oder sie erfolgt über strategische Festlegungen jener Programme, die in Gremien ausgehandelt werden. Diese Aushandlungen sind weitgehend von wissenschaftlicher Expertise geprägt. Das hindert aber niemanden daran, den Verzicht einer Förderagentur auf Unterstützung von Partikularinteressen wahlweise als ostentatives Versagen und bedauerliches Verschlafen, als einen kaum nachvollziehbaren Verzicht oder gar als böswilliges Verhindern zu deuten.

221 Hoßfeld et al. 1997, S. 10.

222 Hoßfeld et al. 1997, S. 11.

223 Ebd., S. 12.

224 Seit den 1950er-Jahren war man davon ausgegangen, dass grosse Rechner ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis aufwiesen als kleine. Diese alte Faustregel wurde nun dank leistungsfähiger und billiger Mikroprozessoren zunehmend obsolet. Vgl. dazu Cale et al. 1979. Es begann sich abzuzeichnen, dass ein Verbund von vielen Mikroprozessoren in einer parallelen Architektur wesentlich billiger gebaut werden könnte, als ein markant verbesserter Vektorrechner es je sein würde.

225 Hardwareseitig liess sich die Netzwerktechnologie nicht in dem Mass steigern, wie die Prozessorgeschwindigkeit zunahm. Wer aber massiv-parallele Rechner verbinden wollte, war auf leistungsfähige Kommunikationstechnologien dringend angewiesen. Bei den Algorithmen wiederum ergaben sich physikalische Probleme hinsichtlich der Unabhängigkeit von Rechnerprozessen, mathematische Probleme im Hinblick auf die Unabhängigkeit von Operationen, und schliesslich war es alles andere als einfach, Rechenprozesse als voneinander unabhängige, parallele Prozesse zu programmieren. Gropp et al. 1994, S. 2 f.

- 226 Vgl. auch die MPI-Auslegeordnungen bei Gropp et al. 1994, S. 1–10; Simon 1995; Meuer/Strohmaier 1996. Zu einer alternativen, Parallel Virtual Machine (PVM) genannten Bibliothek Geist 1994.
- 227 Resch et al. 1997, S. 13. Eine Diskussion der Funktionsweise von PACX-MPI findet sich bei Brune et al. 1999.
- 228 Beisel et al. 1997.
- 229 Gabriel et al. 1997.
- 230 Michael Resch, Interview vom 12. 11. 2019.
- 231 «Pittsburgh And Stuttgart Inaugurate High-Speed Transatlantic Metacomputing». Pressemitteilung des Pittsburgh Supercomputing Center, 24. 6. 1997.
- 232 Pratt et al. 1998.
- 233 Resch et al. 1997.
- 234 Die Verbindung war zuerst 1997 im Rahmen der von der G7 unterstützten Global Information Society Initiative (Global Interoperability of Broadband Networks, GIBN) entstanden. In einem Teilprojekt, das zwischen Pittsburgh und Stuttgart durchgeführt wurde, ging es um Anwendungen; ein zweites Teilprojekt zwischen Sandia und Stuttgart betraf verteilte Visualisierung in einem virtuellen Labor. Diese beiden Projekte wurden in ein Global Wide Area Application Testbed (G-WAAT) und im Hinblick auf die Supercomputing '97 zusammengeführt. Gabriel et al. 1999, S. 131 f.
- 235 Metacomputing sorgt für Leistungsschub. RUS und ICA erzielen neue Weltrekorde, in: Stuttgarter Unikumier, Nr. 77/78, Februar 1998.
- 236 Vgl. Breckenridge 1998, S. 20 und 22, mit Varianten des Kometeneinschlags. Die Zusammenarbeit mit der Visualisierungsgruppe in Albuquerque wurde in den folgenden Jahren fortgesetzt, allerdings ohne Bezug zum Metacomputing und frei von den Zusammenarbeitszwängen von ASCI. Breckenridge et al. 2003.
- 237 Metacomputing sorgt für Leistungsschub. RUS und ICA erzielen neue Weltrekorde, in: Stuttgarter Unikumier, Nr. 77/78, Februar 1998.
- 238 Die Entwicklung von HERMES wurde bereits 1992 eingestellt, aber in Teilprojekten weiterverfolgt. Nach 1992 wurden die Entwicklungen in unterschiedlichen Projekten fortgesetzt, zum Beispiel im Crew Return Vehicle (CRV) und im Atmospheric Reentry Demonstrator (ARD), mit dem Wiedereintrittsprobleme studiert wurden; er flog 1998 mit einer Ariane 5. Gabriel et al. 1999, S. 139. Eine leicht verständliche Darstellung des Problems findet sich bei Bachern/Pixius 1999, S. 56 f.
- 239 PSC & Stuttgart Demonstrate Latency-Free Metacomputing, in: HPCwire News Brief, 13. 11. 1998.

- 240 Zu Günter Pritschows fachlichem Erwartungshorizont vgl. auch Pritschow/Adam 1991; Pritschow/Brandl 1997; Pritschow/Dammertz 1994; Pritschow/Daniel 1996.
- 241 Das bestätigte Rektor Dieter Fritsch in seinem Bericht zur Lage der Universität. Dieter Fritsch, Bericht zur Lage der Universität, in: Vereinigung von Freunden der Universität Stuttgart, Jahresbericht 2001, Stuttgart, S. 15 (UAST).
- 242 Das liegt nicht nur an fehlenden Steuerungssignalen im Evaluationsprozess oder mangelnder Anpassungsfähigkeit der evaluierten Organisation. Hornbostel 2016.
- 243 Fritsch 1982; Fritsch 1991.
- 244 Das zu Beginn der 1990er-Jahre im Tessin gegründete nationale Hochleistungszentrum war für die Schulleitung und die Informatikdienste der ETH Zürich trotz seiner hervorragenden Rankingsplätze operativ und finanziell ein Dauerproblem. Ob sich eine Geschichte des Centro Svizzero di Calcolo Scientifico je schreiben lässt, ohne dass damit alle denkbaren helvetischen Empfindlichkeiten stimuliert würden, bleibt unklar. Jedenfalls ist es kein Zufall, dass «Manno» in der Geschichte der ETH nur am Rande gestreift wird. Gugerli et al. 2005.
- 245 R. Jeltsch et al.: Bericht: Evaluation des HLR Stuttgart, 15./16. 5. 2000, S. 9 f. und 12 f. (Akten Küster).
- 246 Ebd., S. 12 f.
- 247 Ebd., S. 4.
- 248 Ebd., S. 16.
- 249 Ebd., S. 3 f.
- 250 Wissenschaftsrat 2000.
- 251 Wissenschaftsrat 2002, S. 24–28.
- 252 Foster/Kesselman 2011. Vgl. auch bereits Foster/Kesselman 1999 und den kurzen Überblick bei Resch 2006, S. 84 f.
- 253 Diesen Weg skizzierte ein Projekt des Leibniz Computer Center in München, bei dem interaktive CFD-Simulationen durch die «Koppelung von Supercomputern mit Virtual Reality» erprobt wurden. Hartlep 2003, S. 12.
- 254 Lindner/Resch 2003.
- 255 Der Wissenschaftsrat erwies sich allerdings als bewegliches Ziel und veröffentlichte 2004 seine Empfehlung zur Einrichtung europäischer Höchstleistungsrechner. Wissenschaftsrat 2004.
- 256 Hoßfeld 2003, S. 17.
- 257 Ebd., S. 18.
- 258 Ebd., S. 19.

- 259 Ebd., S. 23. Auf Anregung der Forschungszentren der Helmholtz-Gesellschaft initiierte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im März 2004 die deutsche D-Grid-Initiative mit dem Ziel, «innerhalb der nächsten fünf Jahre Projekte in den Bereichen Grid-Computing, e-Learning und Wissensvernetzung mit bis zu 100 Millionen Euro zu fördern». Neuroth et al. 2007, S. 10. Das HLRS war an dieser Initiative mit dem Projekt In-Grid beteiligt. Neuroth et al. 2007, S. 48 f.
- 260 Dieter Fritsch, Bericht zur Lage der Universität, in: Vereinigung von Freunden der Universität Stuttgart, Jahresbericht 2006, Stuttgart, S. 28 (UAST).
- 261 Ebd., S. 29.
- 262 2002/03 durchlief das HLRS einen «tiefgreifenden Wandel», trennte sich endgültig vom RUS und wurde zu einer zentralen Einrichtung der Universität Stuttgart. Das Direktorium wechselte ebenso wie die Leitungspositionen für das parallele Rechnen und die Visualisierung. Neuer Direktor wurde im Herbst 2002 der ehemalige Mitarbeiter Michael Resch, der von der University of Houston, Texas, nach Stuttgart zurückkehrte und Roland Rühle ablöste, der 2003 emeritiert wurde. Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors Professor Dr.-Ing. Dieter Fritsch, 1. 10. 2002 bis 30. 9. 2003, S. 49. Sowie: Die Jahresberichte des HLRS 2002, 2003 und 2004 des HLRS (Archiv Resch). Vgl. auch den Bericht im *Unikurier*: Schlüsselübergabe am Höchstleistungsrechenzentrum: Supercomputing zu neuen Ufern, in: Stuttgarter *Unikurier*, Nr. 91, April 2003.
- 263 Bemerkenswert war die Finanzierung für den ersten Bauabschnitt des HLRS-Forschungsgebäudes (2003–2005). Anstatt wie üblich die Kosten zwischen Bund und Land aufzuteilen, übernahm die Universität Stuttgart den Landesanteil. Die Mittel dafür stellte das HLRS bereit. Vgl. Julia Alber, Ein Haus für Europas schnellsten Rechner, in: Stuttgarter *Unikurier*, Nr. 92, Dezember 2003.
- 264 Antrag Neubau, Begründung (Fischer, Resch), 17. 8. 2000 (Archiv Resch).
- 265 Julia Alber, Richtfest für das HLRS: Europas schnellster Rechner kann bald einziehen, in: Stuttgarter *Unikurier*, Nr. 94, Dezember 2004.
- 266 Für die Cray XC 40 (Hornet), die 2014 ans Netz ging, wurde die Stromkapazität von 1,8 auf 5 Megawatt erhöht. Landesbetrieb Vermögen und Bau Baden-Württemberg 2015, S. 41.
- 267 Landesbetrieb Vermögen und Bau Baden-Württemberg 2015, S. 41.
- 268 Ines Zahler, HLRS (Bundeshöchstleistungsrechenzentrum) auf der Website von Harald F. Müller, www.stratozero.net/archiv_detail.php?archivpath=archiv/2017_HLRS (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 269 Über den Künstler Harald F. Müller heisst es auf der Website des Kunstvereins Friedrichshafen: «Die Werke von Harald F. Müller sind immer Ereignisse und

Provokationen gleichermaßen. Sie sind Ereignisse für das Sehen und Provokationen für das Denken. Müller interessiert sich nicht für Kategorien, operiert lieber im Dazwischen. Seine Werke bewegen sich zwischen Fläche und Raum, Bildreproduktion und Farbkonzeption, Malerei und Architektur. Müller ist unterwegs, reist und lebt mit offenen Augen für Details, bedient sich freud- und lustvoll am übervollen Bild- und Farbfundus unserer Zeit.» www.kunstverein-friedrichshafen.de/harald-f-mueller (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).

- 270** Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Universitätsbauamt Stuttgart und Hohenheim, Infrastrukturerweiterung für den neuen Höchstleistungsrechner, Höchstleistungsrechenzentrum HLRS Universität Stuttgart, Juli 2017.
- 271** Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Universitätsbauamt Stuttgart und Hohenheim, Infrastrukturerweiterung für den neuen Höchstleistungsrechner, Höchstleistungsrechenzentrum HLRS Universität Stuttgart, Juli 2017.
- 272** Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Universitätsbauamt Stuttgart und Hohenheim, Neubau HLRS Schulungszentrum, Höchstleistungsrechenzentrum HLRS, Universität Stuttgart, Juli 2017.
- 273** Ebd.
- 274** Ebd.
- 275** Andreas Kaminski, «Mit dem Zufall rechnen – Der Anspruch auf die Rettung des Glücks», Text auf der Website von Harald F. Müller zum Neubau des HLRS-Schulungszentrums, www.stratozero.net/archiv/2017_HLRS/data/hls-e-Kaminski-Avers%20Revers-Zwei_Seiten_Zufall-2017.pdf (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 276** Die Liste der Systeme und ihrer Bezeichnungen ist der Website des HLRS entnommen, www.hls.de. Dass «Hermit» nichts mit einem Eremiten, möglicherweise aber etwas mit dem Juchtenkäfer und damit mit den Protesten gegen Stuttgart 21 zu tun haben könnte, ist denkbar, kann aber mit keiner schriftlichen Quelle belegt werden.
- 277** Das war auch für die Architekten im Land interessant. Vgl. dazu die Veranstaltung vom Ludwigsburger Architekturquartett vom 27. 10. 2005 im Saal des Ratskellers in Ludwigsburg (Archiv Resch). Die Architekten des Universitätsbauamts waren eingeladen, am Modell des HLRS über die «Qualitäten neuer Architektur» zu diskutieren. Neben dem HLRS wurde über den Neubau des Museums Ritter in Waldenbuch und die Wohnbebauung «Im Kaiser» in Stuttgart debattiert.
- 278** Dieter Fritsch, Bericht zur Lage der Universität, in: Vereinigung von Freunden der Universität Stuttgart, Jahresbericht 2006, Stuttgart, S. 28 f. (UAST).
- 279** 2003 hatte eine Arbeitsgruppe aus sechs Professoren unter dem Titel *Zukunftsoffensive Universität Stuttgart (ZUS)* ein Strukturkonzept für die zu-

- künftige Entwicklung der Universität Stuttgart erarbeitet, das unter anderem die Streichung einiger geisteswissenschaftlicher Lehramtsstudiengänge und die Schliessung der geowissenschaftlichen Institute vorsah. Der Unikurier schrieb von «heftigen Diskussionen und zahlreichen Protesten» in dieser Zeit. Rückblick auf eine noch nicht abgeschlossene Strukturdiskussion: Strukturell Sparen tut weh, in: Stuttgarter Unikurier, Nr. 92, Dezember 2003.
- 280** Knie/Simon 2016, S. 21–38. Vgl. auch Leibfried 2010.
- 281** Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ressel, 1. 10. 2006 bis 30. 9. 2007, S. 2.
- 282** Ebd.
- 283** Mit Beteiligung des HLRS wurde das Exzellenzcluster «Simulation Technology» ab der zweiten Runde der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder gefördert. Laut Selbstbeschreibung suchte der Cluster in der ersten Förderphase «nach simulationsgestützten Lösungen auf sechs methodischen Gebieten, die von der Molekulardynamik und der modernen Mechanik über die numerische Mathematik und die Systemanalyse bis hin zum Datenmanagement und zur interaktiven Visualisierung sowie zum High-Performance-Computing reichen.» Universität Stuttgart, Jahresbericht 2008/09. Berichtszeitraum 1. 10. 2008 bis 30. 9. 2009, S. 42.
- 284** Die Frage, wie die vom Wissenschaftsrat auf die Situation in der Bundesrepublik ausgerichtete Politik des Grid-Computing, in der das Höchstleistungsrechnen keine Priorität mehr besass, mit der Verschiebung auf die europäische Ebene zusammenhing, welche Interessen hier gefördert und welche konterkariert wurden, ist zukünftiger Forschung über die Geschichte des Wissenschaftsrats in den 2000er-Jahren aufgegeben. Die EU jedenfalls lancierte in den 2000er-Jahren zwei Forschungsinitiativen, die High-Performance-Computing und Grid-Computing miteinander verbanden. Im sechsten Rahmenprogramm wurde unter Beteiligung des HLRS die «Distributed European Initiative for Supercomputing Applications» (DEISA, 2004–2008) gegründet, die auch im siebten Rahmenprogramm fortgesetzt wurde (DEISA2, 2008–2011). Ebenfalls im siebten Rahmenprogramm wurde die Initiative «BEinGRID» gegründet, die auf Anwendungen in Industrie und Wirtschaft abzielte. Vgl. Gentsch 2011a; Gentsch 2011b.
- 285** Wissenschaftsrat 2014.
- 286** Bode et al. 2005.
- 287** Das sogenannte Reuter-Papier (Andreas Reuter, High Performance Computing in Deutschland. Argumente zur Gründung einer strategischen Allianz. Strategiepapier 2006, Heidelberg, Archiv Resch) ersetzte als Orientierungsinstrument für die deutsche HPC-Gemeinschaft die Machbarkeitsstudie von

1997 (Hoßfeld et al. 1997). Vgl. auch das Protokoll des 1. Arbeitstreffens zur Koordinierung der deutschen HPC-Aktivitäten 28. 3. 2006, Studio der Villa Bosch, Heidelberg (Archiv Resch), wo die «Formulierung einer deutschen Position im Hinblick auf die EU-Planungen im Bereich HPC für das FP7» sowie das «weitere Vorgehen bei der Entwicklung eines Konzeptes für das HPC in Deutschland (Themengebiete, Arbeitsgruppen, Expertengespräche, Zeitplan)» erörtert wurden. Das Protokoll vermerkt, dass diese beiden Punkte zusammen behandelt wurden. Es bestehe «Einigkeit in dem Bestreben, eine gemeinsame deutsche HPC-Strategie im Sinne des BMBF-Auftrages zu erarbeiten. Voraussetzung dafür ist, dass das Mandat des BMBF erhalten bleibt; Herr Reuter wird beauftragt, das baldmöglichst zu klären. Im Übrigen wird festgestellt, dass eigentlich alle Komponenten eines solchen Papiers schon vorhanden seien und man sie nur in geeigneter Form kompilieren müsse.»

- 288** Heinz-Gerd Hegering, Fortschreibung eines nat. Konzeptes. Die Rollen von PRACE, GCS und Gauss-Allianz. Powerpoint-Präsentation vom 19. 5. 2011 (Archiv Resch). Diese Ansicht formulierte der Wissenschaftsrat 2012 wie folgt aus: «Eine ausdifferenzierte und arbeitsteilige Struktur der Versorgung mit HPC-Ressourcen erfordert neben einem koordinierten Finanzierungskonzept eine enge Abstimmung der jeweiligen Betreiber von Rechenzentren. Diese müssen sich sowohl im Vorfeld von Beschaffungen über benötigte Rechnerarchitekturen und angemessene Erneuerungsintervalle verständigen als auch zu gemeinsam getragenen Kriterien für die Vergabe von Rechenzeit und die Bewertung der wissenschaftlichen Qualität der Nutzungsanträge kommen. Auf nationaler Ebene wurden mit dem GCS und der GA Strukturen für diese Koordination unter den verschiedenen Betreibern von Hoch- und Höchstleistungsrechnern in Deutschland geschaffen.» Wissenschaftsrat 2012, S. 30.
- 289** Heinz Gerd Hegering und Claus Axel Müller, GCS Supercomputing der Spitzenklasse. Weiterentwicklung des Gauss Centre for Supercomputing 2016–2020. Powerpoint-Präsentation beim GCS Steuerkreis, 20. 11. 2012, Folie 4 (Archiv Resch).
- 290** Hartenstein et al. 2013. Den Jahresberichten zufolge dominierten am HLRS Projekte, die entweder vom Ministerium für Wissenschaft und Kunst (MWK) in Baden-Württemberg oder von der EU gefördert wurden. Forschungsprojekte der DFG hingegen spielen nur eine geringe Rolle. Im Jahresbericht 2016 beispielsweise wird angegeben, dass 46 Prozent aller Projekte am HLRS von der EU gefördert wurden. Das Land Baden-Württemberg folgt danach mit 38 Prozent. Vgl. High Performance Computing Center Stuttgart (HLRS), Annual Report 2016, S. 16 f.

- 291** Das Automotive Simulation Center Stuttgart (ASCS) war das erste «Transferzentrum» der Universität Stuttgart, das im Auftrag der neuen strategischen Ausrichtung im März 2008 gegründet wurde, um die Zusammenarbeit zwischen der Universität und dem «industriellen Umfeld» zu intensivieren. Das HLRS wurde im Zentrum zur Koordinationsinstanz für die unterschiedlichen Simulationsprojekte der Autofirmen, war aber kein eigenständiges Mitglied im Zentrum und damit auf der Entscheidungsebene unsichtbar. Universität Stuttgart, Rechenschaftsbericht des Rektors Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Ressel, 1. 10. 2006 bis 30. 9. 2007, S. 3; Supercomputing für die Automobilindustrie, in: Stuttgarter Unikurier, Nr. 101, 2008; High Performance Computing Center Stuttgart (HLRS), Bi Annual Report 2008/09, S. 11.
- 292** Resch/Küster 2008; Resch/Wiese 2015.
- 293** Der *Stuttgarter Unikurier* etwa berichtete über einen im Oktober 2010 abgeschlossenen Vertrag zwischen der Universität und Cray. «Das mehrere Jahre umfassende Abkommen», so der *Unikurier*, beinhaltete nicht nur die Lieferung eines neuen Supercomputers, sondern bezog sich auch auf Produkte und Dienstleistungen. Viele Kräne auf dem Campus Vaihingen, in: Stuttgarter Unikurier, Nr. 106, 2/2010, S. 11.
- 294** Im Forschungsbericht der Universität Stuttgart weist das HLRS langjährige Erfahrungen im Bereich Hard- und Software «durch Kooperation mit massgeblichen Firmen (NEC, Intel, Microsoft, HP, Bull ...)» aus. Universität Stuttgart, Forschung. Entwicklung. Beratung, Stuttgart 2008, S. 132 (UASSt).
- 295** Computational Fluid Dynamics (CFD) und die Physik blieben die dominanten Anwendungsfelder am HLRS. Während die Projekte aus der Physik über PRACE aus dem europäischen Raum nach Stuttgart kamen, waren für den stabil hohen Anteil der CFD die nationalen Projekte verantwortlich. Das Bundesland Nordrhein-Westfalen, vermutlich durch das Jülich Supercomputer Center (JSC), war ausserhalb von Baden-Württemberg der Hauptnutzer der Rechner in Stuttgart. High Performance Computing Center Stuttgart (HLRS), Bi-Annual Report 2013/14, S. 29.
- 296** Die Kurse und Workshops am HLRS hatten in den Jahren 2000–2006 durchschnittlich 237 Teilnehmerinnen und Teilnehmer. In den Jahren 2007–2013 waren es 522 pro Jahr, 2014–2019 dann 895. Powerpoint-Präsentation Michael Resch, Training for HPC. Virtual Workshop: Toward a Globally Acknowledged and Free HPC Certification, May 18, 2020, Folie 10 (Archiv Resch).
- 297** Die Cave (Cave Automatic Virtual Environment) wurde 2012 als Visualisierungszentrum für 3D-Projektionen und virtuelle Realität am HLRS eingeweiht. Simulierte Inneneinsichten in 3D, in: Stuttgarter Unikurier, Nr. 110, Heft 2, 2012, S. 11.

- 298 Wössner 2009. Vgl. auch Curle-Linde et al. 2006.
- 299 Niebling et al. 2010 sowie Resch 2006.
- 300 Das Personal des HLRS verdoppelte sich von ca. 70 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Jahr 2002 auf 136 im Jahr 2017. High Performance Computing Center Stuttgart (HLRS), Annual Report 2002, Stuttgart 2003, S. 5; Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS), Jahresbericht 2017, Stuttgart 2017, S. 92 f.
- 301 Wesner et al. 2010.
- 302 Kübert/Werner 2010; Schubert et al. 2009.
- 303 Koller et al. 2015.
- 304 Wesner 2008.
- 305 Koller 2011.
- 306 Resch 2016.
- 307 Resch/Küster 2011.
- 308 Resch 2016. Dies bestätigte Michael Feldmann im Juli 2017 auf der Webseite der Top-500-Liste unter dem Titel: «Top500 Meanderings: Sluggish Performance Growth May Portend Slowing HPC Market.» www.top500.org/news/top500-meanderings-sluggish-performance-growth-may-portend-slowng-hpc-market (zuletzt abgerufen am 23. 9. 2020).
- 309 Resch 2016.
- 310 Ebd.
- 311 Ebd.
- 312 Zur Frage, was jenseits von Moore's Law passieren würde, siehe bereits Cavin et al. 2012 und, spezifisch für Supercomputing, Snir 2014. Zu diesem Zeitpunkt war das bevorstehende Ende der Gültigkeit von Moore's Law zu erwähnen keine Häresie mehr. Vgl. auch den von Resch zitierten Bericht des National Research Council 2014.

Bibliografie

Archivalien aus dem Universitätsarchiv Stuttgart und den verschiedenen Ablagen des HLRS sowie Dokumente, die uns von Uwe Küster, Jutta Sauer, Erika Fischer und Michael Resch überlassen wurden, sind in den Anmerkungen ausführlich zitiert. Alle bloss mit Autor und Jahreszahl zitierten Schriften sind nachfolgend aufgeführt.

155

- Ahrlrichs, Robert 1990: Parallelrechner versus Workstation Cluster. Positionspapier, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Supercomputer '93. Anwendungen, Architekturen, Trends. Mannheim 24.–26. Juni 1993. Proceedings*, Berlin etc., S. 179 f.
- Anthes, Gary H. 1994: Research lab sizes up slew of supercomputers, in: *Computerworld*, 28 (31), S. 55.
- Bachern, Achim, K. Pixius 1999: Simulation & Mathematik: Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt und in der Verkehrsforschung, in: Andreas Dress, Gottfried Jäger (Hg.): *Visualisierung in Mathematik, Technik und Kunst*, Braunschweig, Wiesbaden, S. 51–62.
- Bailey, David H. 1992: Misleading Performance Reporting in the Supercomputing Field, RNR Technical Report RNR-92-005. Dec 1, 1992, in: *Scientific Programming*, 1 (2), S. 141–151.
- Beisel, Thomas et al. 1997: An extension to MPI for distributed computing on MPPs, Berlin, Heidelberg, S. 75–82.
- Bode, A. et al. 2005: *Petaflop-Computing mit Standort Deutschland im europäischen Forschungsraum, Bedarf und Perspektiven aus Sicht der computer-gestützten Natur- und Ingenieurwissenschaft. «Scientific Case» im Auftrag des BMBF*, Bonn.
- Brand, Wolfgang 2012: Argyris und die Frühgeschichte des Höchstleistungsrechnens, in: Klaus Hentschel (Hg.): *Zur Geschichte von Forschungstechnologien. Generizität – Interstilität – Transfer*, Diepholz, Berlin, Stuttgart. Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, S. 206–220.
- Breckenridge, Arthurine R. 1998: Teraflop Visualization, In: M. Göbel et al. (Hg.): *Virtual Environments '98*, Vienna, S. 18–27.

- Breckenridge, Arthurine R. et al. 2003: Distributed, on-demand, data-intensive and collaborative simulation analysis, in: *Future Generation Computer Systems*, 19 (6), S. 849–859.
- Brune, M. A. et al. 1999: Message-passing environments for metacomputing, in: *Future Generation Computer Systems*, 15 (5–6), S. 699–712.
- Cale, E. G. et al. 1979: Price/Performance Patterns of U. S. Computer Systems, in: *Communications of the ACM*, 22 (4), S. 225–233.
- Cavin, R. et al. 2012: Science and Engineering beyond Moore's Law, in: *Proceedings of the IEEE*, 100, S. 1720–1749.
- Commission of the European Countries 1992: Report of the EEC Working Group on High-Performance Computing. Rubbia Report (Reprint of the original report, published in February 1991), in: Hans-Werner Meuer: *Supercomputing '92. Anwendungen, Architekturen, Trends, Seminar, Mannheim, 25.–27. Juni 1992*, Berlin etc., S. 213–232.
- Curre-Linde, Natalia et al. 2006: The Role of Supercomputing in Industrial Combustion Modeling, in: Thomas Bönisch et al. (Hg.): *High Performance Computing on Vector Systems. Proceedings of the High Performance Computing Center Stuttgart, March 2005*, Berlin, Heidelberg, S. 109–122.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft 1991: *Kommission für Rechenanlagen. Zur Ausstattung der Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland mit Datenverarbeitungskapazität für die Jahre 1992 bis 1995*, Bonn.
- Doltsinis, Ioannis 2004: Obituary John Argyris, in: *Communications in Numerical Methods in Engineering*, 20, S. 665–669.
- Dongarra, Jack J. et al. 1979: *LINPACK Users' Guide*, Philadelphia.
- Dongarra, Jack J., Piotr Luszczek, Antonie Petitet 2003: The LINPACK Benchmark: past, present and future, in: *Concurrency Computation. Practice and Experience*, 15, S. 803–820.
- Dongarra, Jack J., Piotr Luszczek 2011: Top500, in: David Padua (Hg.): *Encyclopedia of Parallel Computing*, Boston, MA, S. 2055–2057.
- Effenberger, Franz 2020: *Lothar Späths Forschungsförderung und Technologiepolitik am Beispiel der Universität Stuttgart*, Ubstadt-Weiher.
- European Commission 1994: *Growth, Competitiveness, and Employment. White paper follow-up Report on Europe and the Global Information Society. Interim Report on trans-European networks. Progress report on employment. Extracts of the conclusions of the Presidency of the Corfu European Council* (Bulletin of the European Union, Supplement 2/94), Brüssel und Luxemburg (Bangemann-Report).
- Evers, Adalbert, Helga Nowotny 1987: *Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft*, Frankfurt am Main.

- Foster, Ian, Carl Kesselman (Hg.) 1999: *The Grid. Blueprint for a New Computing Infrastructure*, San Francisco.
- Foster, Ian, Carl Kesselman 2011: The history of the Grid, in: dies. (Hg.): *High Performance Computing. From Grids and Clouds to Exascale*, Amsterdam, S. 3–30.
- Fritsch, Dieter 1982: *Entwurf digitaler zweidimensionaler nichtrekursiver Filter*, München.
- Fritsch, Dieter 1991: *Raumbezogene Informationssysteme und digitale Geländemodelle*, München.
- Gabriel, Edgar et al. 1997: *Erweiterung einer MPI-Umgebung zur Interoperabilität verteilter MPP-Systeme*, Studienarbeit Angewandte Informatik, Anwendungen der Informatik im Maschinenwesen (RUS-37), Stuttgart.
- Gabriel, Edgar et al. 1999: High Performance Metacomputing in a Transatlantic Wide Area Application Testbed, in: G. Cooperman et al. (Hg.): *Workshop on Wide Area Networks and High Performance Computing* (Lecture Notes in Control and Information Sciences, 249), London, S. 131–142.
- Gall, Alexander 2001: «Bundesliga-Spielregeln in der Wissenschaftspolitik». Föderalismus und Forschungspolitik zur Mikroelektronik, in: Johannes Abele et al. (Hg.): *Innovationskulturen und Fortschrittserwartungen im geteilten Deutschland*, Köln, S. 147–164.
- Geiger, Alfred 1993: PARIS – Das Parallel RISE Projekt der IBM, DLR und Universität Stuttgart, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Supercomputer '93. Anwendungen, Architekturen, Trends*, Berlin etc., Heidelberg, S. 166–178.
- Geiger, Alfred 1994: *Konzeption, Stand und Betrieb eines bundesweit zugänglichen Höchstleistungsrechnersystems an der Universität Stuttgart (Folienset)*, zK&I (Zentren für Kommunikation und Informationsverarbeitung in Lehre und Forschung e. V.), Mannheim.
- Geist, AI 1994: *PVM-Parallel Virtual Machine. A Users' Guide and Tutorial for Networked Parallel Computing* (Scientific and Engineering Computation), Cambridge, MA.
- Gentzsch, Wolfgang 1987: Vergleich der Vektorrechner CRAY-2, CRAY X-MP, Fujitsu VP-200, IBM 3090-VF und UNISYS-ISP, in: *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 10 (2), S. 93–102.
- Gentzsch, Wolfgang 2011a: DEISA – Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications, in: *Journal of Grid Computing*, 9, S. 255–277.
- Gentzsch, Wolfgang 2011b: Porting HPC Applications to Grid and Clouds, in: Emmanuel Udoh (Hg.): *Cloud, Grid and High Performance Computing. Emerging Applications*, Hershey, PA, S. 10–38.

- Gropp, William et al. 1994: *Using MPI. Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface* (Scientific and Engineering Computation), Cambridge, MA.
- Gugerli, David 2018: *Wie die Welt in den Computer kam. Zur Entstehung digitaler Wirklichkeit*, Frankfurt am Main.
- Gugerli, David, Magaly Tornay 2018: Das Zeitalter der Konfigurationen 1980 bis 2010. Ein Beitrag zur zeithistorischen Debatte, in: *Historische Anthropologie*, (2), S. 224–244.
- Gugerli, David et al. 2005: *Die Zukunftsmaschine. Konjunkturen der ETH Zürich 1855–2005*, Zürich.
- Harms, Uwe, Hans-Werner Meuer 1995: Höchstleistungsrechnen in Deutschland – ein Rückblick, in: *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 18 (2), S. 100–107.
- Hartenstein, Hannes et al. 2013: Aktuelle Umsetzungskonzepte der Universitäten des Landes Baden-Württemberg für Hochleistungsrechnen und datenintensive Dienste, in: *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 36 (2), S. 99–108.
- Hartlep, Thomas 2003: Interactive CFD Simulations by Coupling Supercomputers with Virtual Reality, in: *InSiDE*, 1 (2), S. 12 f.
- Hertweck, Friedrich et al. 1979: *Benchmark-Versuche mit der Cray-1*, Mai.
- Hoffmann, Christoph 2004: Eine Maschine und ihr Betrieb: Zur Gründung des Recheninstituts der Technischen Hochschule Stuttgart, 1956–1964, in: Barbara Büscher et al. (Hg.): *Ästhetik als Programm. Max Bense/Daten und Streuungen*, Berlin, S. 118–129.
- Hord, R. Michael 1982: *The Illiac IV. The First Supercomputer*, Berlin, Heidelberg, New York.
- Hornbostel, Stefan 2016: (Forschungs-)Evaluation, in: Dagmar Simon et al. (Hg.): *Handbuch Wissenschaftspolitik*, Wiesbaden, S. 243–260.
- Hoßfeld, Friedel 1984: Vektorrechner, in: *Physikalische Blätter*, 40 (8), S. 280–281.
- Hoßfeld, Friedel 1998: *Verbund der Supercomputer-Zentren in Deutschland – Ansichten, Einsichten, Aussichten*, Jülich.
- Hoßfeld, Friedel 2003: National Supercomputing Centres – Turning the Innovation Spiral, in: *InSiDE*, 1 (2), S. 16–23.
- Hoßfeld, Friedel et al. 1997: *Verbund der Supercomputer-Zentren in Deutschland – eine Machbarkeitsanalyse*, Jülich.
- HPSC, Arbeitsgruppe 1992: *Memorandum zur Initiative High Performance Scientific Computing (HPSC). Situation und Erfordernisse des wissenschaftlichen*

- Höchstleistungsrechnens in Deutschland*, Positionspapiere der Arbeitsgruppen, o. O.
- Jenkins, Richard A. 1986: *Supercomputers of Today and Tomorrow. The Parallel Processing Revolution*, Blueridge Summit, PA.
- Khokhar, Ashfaq Ahmad 1993: Heterogeneous Computing. Challenges and Opportunities, in: *IEEE Computer*, 26 (6), S. 18–27.
- Knie, Andreas, Dagmar Simon 2016: Innovation und Exzellenz: Neue und alte Herausforderungen für das deutsche Wissenschaftssystem, in: Dagmar Simon et al. (Hg.): *Handbuch Wissenschaftspolitik*, Wiesbaden, S. 21–38.
- Koller, Bastian 2011: *Enhanced SLA Management in the High Performance Computing Domain (HLRS-08)*, Universität Stuttgart.
- Koller, Bastian et al. 2015: Towards an Environment to Deliver High Performance Computing to Small and Medium Enterprises, in: Michael Resch et al. (Hg.): *Sustained Simulation Performance 2015. Proceedings of the Joint Workshop on Sustained Simulation Performance, University of Stuttgart (HLRS) and Tohoku University, 2015*, Cham, S. 41–50.
- Kolsky, H. G. 1968: Computer in der Meteorologie / Some computer aspects of meteorology, in: *it – Information Technology*, 10 (1), S. 265–279.
- Kübert, Roland, Stefan Werner 2010: Service level agreements for job control in high-performance computing, in: M. Ganzha, M. Paprczyki (Hg.): *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology, October 18–20, 2010, Wisła, Poland*, 5, Katowice, Los Alamitos, CA, S. 655–661.
- Lang, Ulrich 1989: *Modularisierungskonzepte bei Simulationsproblemen in integrierten Programmsystemen*, von der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung (RUS-2), Stuttgart.
- Lang, Ulrich 1993: Graphische Basissoftware auf Höchstleistungsrechnern, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Basissoftware für Vektor- und Parallelrechner*, München etc., S. 126–138.
- Lang, Ulrich, Roland Rühle 1992: Visualisierung von Supercomputerberechnungen am netzintegrierten Ingenieursarbeitsplatz, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Heterogene Netze und Supercomputer*, Berlin, S. 121–133.
- Lax, Peter D. 1982: *Report of the Panel on Large Scale Computing in Science and Engineering*, www.pnnl.gov/scales/docs/lax_report1982.pdf.
- Leibfried, Stephan (Hg.) 2010: *Die Exzellenzinitiative. Zwischenbilanz und Perspektiven*, Frankfurt am Main, New York.
- Leimbach, Timo 2011: *Die Softwarebranche in Deutschland. Entwicklung eines Innovationssystems zwischen Forschung, Markt, Anwendung und Politik von 1950 bis heute*, Stuttgart.

- Lindner, Peggy, Michael Resch 2003: Gridwelten. User requirements and environments for Grid Computing, in: *DFN Mitteilungen*, 62 (6), S. 13–15.
- Loebich, Isabel et al. 1987: DFN-RSYST. Software zur Unterstützung verteilter Anwendungen in heterogenen Rechnernetzen, in: Nina Gerner, Otto Spaniol (Hg.): *Kommunikation in verteilten Systemen*, Berlin, Heidelberg, S. 653–664.
- Mackenzie, Donald 1991: The Influence of the Los Alamos and Livermore National Laboratories on the Development of Supercomputing, in: *Annals of the History of Computing*, 13 (2), S. 179–201.
- Meuer, Hans-Werner 1990: Vorwort, in: ders. (Hg.): *Supercomputer '90. Anwendungen, Architekturen, Trends. Mannheim 21.–23. Juni 1990. Proceedings*, Berlin etc., S. V–VI.
- Meuer, Hans-Werner (Hg.) 1991a: *Parallelisierung komplexer Probleme. Einsatz von Parallelrechnern in Forschung und Industrie*, Berlin.
- Meuer, Hans-Werner 1991b: Vorwort, in: ders. (Hg.): *Supercomputer '91. Anwendungen, Architekturen, Trends. Mannheim 20.–22. Juni 1991. Proceedings*, Berlin etc., S. V–VI.
- Meuer, Hans-Werner 1992: Parallelrechner – bringen die 90er Jahre den Durchbruch? (erschieden in *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 1, 1990), in: ders. (Hg.): *Supercomputer 1986–1990. Anwendungen, Architekturen, Trends*, München etc., S. 387–393.
- Meuer, Hans-Werner, Erich Strohmaier 1996: Supercomputing auf dem Weg ins Jahr 2000, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Supercomputer 1996. Anwendungen, Architekturen, Trends*, München etc., S. 181–192.
- Ministerium für Wissenschaft und Forschung Baden-Württemberg 1995: *Informations- und Kommunikationstechnik in den Hochschulen des Landes Baden-Württemberg. Ausstattungsplan für den Zeitraum 1995 bis zum Jahr 2000 (EDV-Gesamtplan IV)*, Stuttgart.
- Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg 1980: *Fortschreibung des Gesamtplans zur Ausstattung der Hochschulen des Landes Baden-Württemberg mit Datenverarbeitungsanlagen für den Zeitraum 1979–1985 (EDV Gesamtplan II)*, Stuttgart.
- Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg 1989a: *Gesamtplan zur Ausstattung der Hochschulen des Landes Baden-Württemberg mit Datenverarbeitungsanlagen für den Zeitraum 1989–1994 (EDV-Gesamtplan III)*, Stuttgart.
- Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg 1989b: *Kommision Forschung. Baden-Württemberg 2000. Abschlussbericht*, Stuttgart.

- Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg, Kommission Forschung 1989: *Abschlussbericht*, Stuttgart.
- Mönkediek, Joachim 2009: Rückblick auf die Förderung der Informationstechnologie an Hochschulen durch Bund und Länder, in: Hannes Hartenstein (Hg.): *Informationstechnologie und ihr Management im Wissenschaftsbereich. Festschrift für Prof. Dr. Wilfried Juling*, Karlsruhe, S. 23–28.
- National Research Council 2014: *Future Directions for NSF Advanced Computing Infrastructure to Support U. S. Science and Engineering in 2017–2020: Interim Report*, Washington, DC.
- Neuroth, Heike et al. (Hg.) 2007: *Die D-Grid Initiative*, Göttingen.
- Niebling, Florian et al. 2010: Collaborative Steering in Post-Processing of Simulation on HPC Resources: Everyone, Anytime, Anywhere, in: Marcelo Knorich Zuffo et al. (Hg.): *Web3D '10. Proceedings of the 15th International Conference on Web 3D Technology*, New York, S. 101–108.
- Pias, Claus 2011: On the Epistemology of Computer Simulation, in: *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung*, 1, S. 29–54.
- Pratt, Thomas J. et al. 1998: *Sandia's Network for SC '97. Supporting Visualization, Distributed Cluster Computing, and Production Data Networking with a Wide Area High Performance Parallel Asynchronous Transfer Mode (ATM) Network* (Sandia Report SAND98-1154), Albuquerque.
- Pritschow, Günter, W. Adam 1991: *Leit- und Steuerungstechnik in flexiblen Produktionsanlagen* (Fortschritte der Fertigung auf Werkzeugmaschinen), München.
- Pritschow, Günter, T. Brandl 1997: *Schnittstellen im CAD CAM-Bereich* (Fortschritte der Fertigung auf Werkzeugmaschinen), München.
- Pritschow, Günter, R. Dammertz 1994: *Roboteranwendung für die flexible Fertigung* (Fortschritte der Fertigung auf Werkzeugmaschinen), München.
- Pritschow, Günter, Ch. Daniel 1996: *Komponenten und Schnittstellen für offene Steuerungssysteme* (Fortschritte der Fertigung auf Werkzeugmaschinen), München.
- Reinsch, Karl-Gottfried 1980: Regionale Grossrechenzentren. Zur Versorgung japanischer Universitäten in: *Das Rechenzentrum*, 3 (2), S. 73–79.
- Reinsch, Karl-Gottfried 1982: Strukturveränderungen des Rechenzentrums und seiner Benutzer, in: *Das Rechenzentrum*, 31, S. 171–175.
- Reinsch, Karl-Gottfried 1987: Die Cray-2 der Universität Stuttgart. Eine Herausforderung an Wissenschaft und Industrie, in: *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 10 (2), S. 103–108.
- Reinsch, Karl-Gottfried 1988: Der Supercomputer und die wissenschaftliche Erkenntnis, in: *Helvetica Physica Acta*, 61 (1–2), S. 9–23.

- Resch, Michael 2006: Grid at the interface of industry and research, in: Thomas Barth, Anke Schüll (Hg.): *Grid Computing. Konzepte – Technologien – Anwendungen*, Wiesbaden, S. 85–98.
- Resch, Michael 2016: Perspectives in High Performance Computing, in: V. K. Singh et al. (Hg.): *Modern Mathematical Methods and High Performance Computing in Science and Technology*, Singapore, S. 169–178.
- Resch, Michael, Uwe Küster 2008: HPC in Industrial Environments, in: Egon Krause et al. (Hg.): *Computational Science and High Performance Computing III. The 3rd Russian-German Advanced Research Workshop*, Berlin, Heidelberg, S. 8–13.
- Resch, Michael M., Uwe Küster 2011: HPC Processor Technologies and Their Impact on Simulation, in: E. Krause (Hg.): *Computational Science and High Performance Computing IV. Notes on Numerical Fluid Mechanics*, 115, Berlin, Heidelberg, S. 17–28.
- Resch, Michael, Andreas Wiese 2015: Industrial Applications on Supercomputing in Germany, in: Anwar Osseyran, Merle Giles (Hg.): *Industrial Applications of High Performance Computing. Best Global Practices*, Boca Raton, FL, S. 63–78.
- Resch, Michael et al. 1994: Message-Passing-Systems on Workstation Clusters and Parallel Computers – The Impact of Software- and Network-Architectures on Applications, in: Wolfgang Gentzsch, Uwe Harms (Hg.): *High-Performance Computing and Networking. International Conference and Exhibition Munich, Germany, April 18–20, 1994 Proceedings*, Bd. 2: *Networking and Tools*, New York, S. 260–266.
- Resch, Michael et al. 1997: PACX-MPI, in: *BI. Informationen für Nutzer des Rechenzentrums*, (11/12), S. 13–14.
- Reuter, Andreas 1993: Parallelrechner versus Workstation Cluster. Positionspapier, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Supercomputer '93. Anwendungen, Architekturen, Trends. Mannheim, 24.–26. Juni 1993. Proceedings*, Berlin, S. 181–183.
- Rühle, Roland 1971: Datenstruktur und Steuerung des Reaktorprogrammsystems RSYST, in: Deutsches Atomforum (Hg.): *Reaktortagung 1971*, Bonn, S. 38–41.
- Rühle, Roland 1973: *RSYST, ein integriertes Modulsystem mit Datenbasis zur automatisierten Berechnung von Kernreaktoren*. Stuttgart.
- Rühle, Roland 1990: *RSYST. Ein Softwaresystem zur Integration von Daten und Programmen zur Simulation wissenschaftlich-technischer Systeme*, Stuttgart.

- Rühle, Roland 1995: Deutsches Supercomputerzentrum?, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Supercomputer 1995. Anwendungen, Architekturen, Trends*, München etc., S. 262–264.
- Sandner, Peter 2008: ALWR-BW. Arbeitskreis der Leiter der Universitätsrechenzentren in Baden-Württemberg, in: *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 31 (3), S. 193–198.
- Schlecht, Bernhard 1989: *Entwurf und Implementierung eines interaktiven anwendungsunabhängigen Grafiksystems*, von der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung (RUS-3), Stuttgart.
- Schubert, Lutz et al. 2009: Service Oriented Operating Systems: Future Workspaces, in: *IEEE Wireless Communication*, 16 (3), S. 42–50.
- Simon, Horst D. 1995: Parallel Supercomputing 1987–2000, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Supercomputer*, München etc., S. 22–30.
- Smarr, L., Ch. E. Catlett 1992: Metacomputing, in: *Communications of the ACM*, 35 (6), S. 44–52.
- Snir, Marc 2014: *The Future of Supercomputing. Proceedings of the 28th ACM International Conference on Supercomputing*, Munich, Germany, S. 261–262.
- Späth, Lothar 1985: *Wende in die Zukunft. Die Bundesrepublik auf dem Weg in die Informationsgesellschaft* (Spiegel-Buch), Reinbek bei Hamburg.
- Trottenberg, Ulrich 2008: Das Superrechnerprojekt SUPRENUM (1984–1989), in: Bernd Reuse, Roland Vollmer (Hg.): *Informatikforschung in Deutschland*, Berlin, Heidelberg, New York, S. 176–187.
- Übelmesser, Robert 1989: Die neuen Supercomputer von Cray, in: Hans-Werner Meuer (Hg.): *Supercomputer '89. Anwendungen, Architekturen, Trends*, Berlin etc., S. 31–42.
- Universität Stuttgart 2003: *Simulation und Visualisierung*, Stuttgart.
- Wagner, Siegfried 2009: German and EU High-Performance Computation Centers, in: Ernst Heinrich Hirschel, Egon Krause (Hg.): *100 Volumes of «Notes on Numerical Fluid Mechanics». 40 Years of Numerical Fluid Mechanics and Aerodynamics in Retrospect*, Berlin, Heidelberg, S. 45–57.
- Weingart, Peter 2006: *Das Wissensministerium. Ein halbes Jahrhundert Forschungs- und Bildungspolitik in Deutschland*, Weilerswist.
- Weisman, Jonathan 1995: New Mission for the National Labs, in: *Science*, 270 (5233), S. 20–22.
- Wesner, Stefan 2008: *Integrated Management Framework for Dynamic Virtual Organisations* (HLRS-06), Stuttgart.
- Wesner, Stefan et al. 2010: Challenges and Opportunities of Hybrid Computing Systems, in: Sabine Roller et al. (Hg.): *High Performance Computing on Vector Systems 2009*, Berlin, Heidelberg, S. 31–39.

- Wiegand, Josef 1994: *Informatik und Grossforschung. Geschichte der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung* (Studien zur Geschichte der deutschen Grossforschungseinrichtungen), Frankfurt am Main, New York.
- Wissenschaftsrat 1985: *Wettbewerbsempfehlung des WR. Empfehlungen zum Wettbewerb im deutschen Hochschulsystem*, Köln.
- Wissenschaftsrat 1987: *Empfehlung zur Ausstattung der Hochschulen mit Rechenkapazität*, Köln.
- Wissenschaftsrat 1995a: *Empfehlung zur Versorgung von Wissenschaft und Forschung mit Höchstleistungsrechenkapazität*, Kiel.
- Wissenschaftsrat 1995b: *Empfehlungen zur Bereitstellung leistungsfähiger Kommunikationsnetze für die Wissenschaft*, Saarbrücken.
- Wissenschaftsrat 2000: *Empfehlung zur künftigen Nutzung von Höchstleistungsrechnern*, Mainz.
- Wissenschaftsrat 2002: *Stellungnahme zur Anmeldung des Landes Baden-Württemberg auf Errichtung eines Höchstleistungsrechner-Systems in Karlsruhe und Stuttgart zum 32. Rahmenplan*, Mannheim.
- Wissenschaftsrat 2004: *Empfehlung zur Einrichtung europäischer Höchstleistungsrechner*, Hamburg.
- Wissenschaftsrat 2012: *Strategische Weiterentwicklung des Hoch- und Höchstleistungsrechnens in Deutschland. Positionspapier*, Berlin.
- Wissenschaftsrat 2014: *Bedeutung und Weiterentwicklung von Simulation in der Wissenschaft. Positionspapier*, Dresden.
- Wössner, Uwe 2009: *Virtuelle und hybride Prototypen in kooperativen Arbeitsumgebungen* (HLRS-07), Stuttgart.

Abbildungsnachweis

- 9 Abb. 1: Umkonfigurationsarbeiten: selten zu sehen, aber immer notwendig.
Quelle: Polaroid, 17. Mai 1985 UAST.
- 31 Abb. 2: Ordnung und Vielfalt der Maschinen im Rechenzentrum 1986.
Quelle: Das Rechenzentrum der Universität Stuttgart 1986, Broschüre aus Anlass der bevorstehenden Auslieferung einer Cray-2 im September 1986 (Akten Sauer).
- 34 Abb. 3: Die Integrationsleistung des Rechenzentrums 1987: viele Protokolle, klare Zonen, starke Maschinen.
Quelle: Loebich et al. 1987, S. 654.
- 39 Abb. 4: Skeptisches Publikum 1986: Der Ministerpräsident verteidigt die Wende zur Zukunft.
Quelle: Akten Fischer.
- 45 Abb. 5: Crash und Simulation in den 1990er Jahren: ein Porsche 911 Carrera nach einem seitlich versetzten Aufprall.
Quelle: Wolfgang Brand: Spitzenrechner für Spitzenleistungen. Die Geschichte des Einsatzes von Hochleistungsrechnern in der Crashesimulation bei Porsche (Hausarbeit), www.hi.uni-stuttgart.de/wgt/forschung/studiprojekte/Projektseminar-Porsche-/porsche-hausarbeiten-copy/Brand_pop.pdf.
- 49 Abb. 6: Visuelle Simulation 1993: starke Bilder für defizitäre Nutzer.
Quelle: Ulrich Lang, Ruth Lang, Roland Rühle: Scientific Visualization in a Supercomputer Network at RUS, in: Computer & Graphics, 17/1, 1993, S. 17 und 19.
- 53 Abb. 7: Höchstleistungsvereinfachung 1993: das Stuttgarter Tetraeder der Simulation.
Quelle: Ulrich Lang, Ruth Lang, Roland Rühle: Scientific Visualization in a Supercomputer Network at RUS, in: Computer & Graphics, 17/1, 1993, S. 17 und 19.
- 55 Abb. 8: Stabile Erwartungen an zukünftige Veränderungen 1992: Konfigurationsübersicht.
Quelle: Universität Stuttgart, Antrag der Universität Stuttgart auf die Beschaffung eines Höchstleistungsrechnersystems als Nachfolger für die Cray-2, 7.7. 1992, S. 53 (Akten Küster).
- 67 Abb. 9: Das Personal des Computers 1995: «Womit können wir Ihnen helfen?»

Quelle: Alfred Geiger: Paralleles Rechnen an der Universität Stuttgart, in: Bl. Informationen für Nutzer des Rechenzentrums, Nr. 1/2, Februar 1995, S. 6.

- 96 Abb. 10: Armageddon im Metacomputing 1998: die Simulation eines Kometeneinschlags.

Quelle: HLRS (Uwe Wössner).

- 100 Abb. 11: hww, HLRS und RUS 2000: eine komplexe Struktur, die erstaunlich gut funktioniert.

Quelle: Roland Rühle, Das HLRS und sein Umfeld, Präsentation gehalten im Rahmen der Evaluation des HLRS am 15./16. Mai 2000, S. 21 (Akten Küster).

- 111 Abb. 12: Demonstrative Transparenz 2003: Simulation einer «Zentralen Einrichtung».

Quelle: HLRS (Uwe Wössner, Archiv Resch).

- 114 Abb. 13: Unboxing 2020: konzentriertes Arbeiten beim Aufbau der HAWK.

Quelle: Videostill, Ben Derzian für das HLRS.

- 121 Abb. 14: Einsichten von Innen: User in der Cave des HLRS.

Quelle: HLRS (ITLR).