



FORSCHUNG

Forschung und Entwicklung am LRZ

EIN RÜCKBLICK AUF DIE FORSCHUNGSLEISTUNGEN DES LRZ BELEGT DIE HOHE WISSENSCHAFTLICHE QUALITÄT.

VON HEINZ-GERD HEGERING

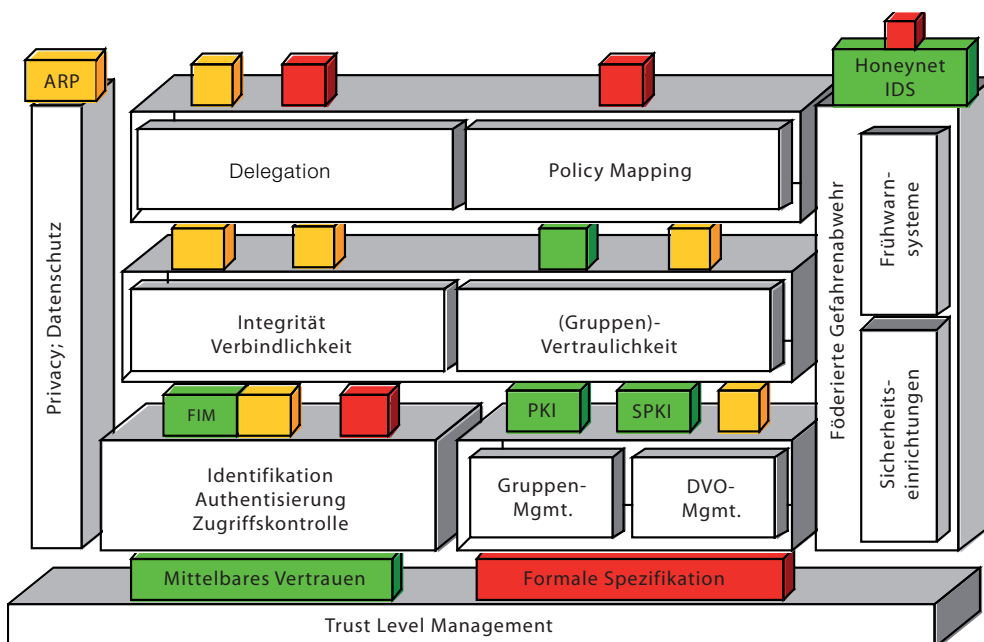
Die Kommission für Informatik der Bayerischen Akademie der Wissenschaften hat sich satzungsgemäß nicht nur mit dem Betrieb des Leibniz-Rechenzentrums (LRZ) zu befassen, sondern auch mit der Forschung auf dem Gebiet der Informatik. Das LRZ war in seiner ganzen Geschichte immer an Forschungs- und Entwicklungsprojekten beteiligt. Dies geschah und geschieht durch Mitglieder der Kommission für Informatik und durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des LRZ. Der Vorsitzende des Direktoriums des LRZ sorgt für die

wissenschaftliche Ausrichtung der Arbeiten am LRZ. Die Ergebnisse der Arbeiten sind in zahlreichen Projektberichten und Publikationen festgehalten, die auch in den Jahresberichten der Akademie aufgezählt sind. Die untersuchten Themen orientierten und orientieren sich am jeweiligen Bedarf des LRZ und seiner Nutzer, sie spiegeln aber auch etwas die Entwicklungsgeschichte der Informatik wider: Fragen der Systemprogrammierung, der Betriebssysteme, der Programmiersysteme, des Compilerbaus, der numerischen Algorithmen, der Programmbibliotheken, der IT-Managementverfahren, des *High-Performance Computing* und des *Grid Computing*.

Neuentwicklungen – von Anfang an

Da das LRZ erst im Jahre 1963 mit wissenschaftlichem Personal ausgestattet wurde und zum Lieferzeitpunkt des TR4 (1964) keine funktionell ausreichenden Systemprogramme vom Hersteller zu erwarten waren, gab es bereits ab 1960 im Rechenzentrum der TU München (PERM-Arbeitsgruppe) umfangreiche Untersuchungen, Entwürfe und teilweise auch erste Implementierungs-Skizzen zur Systemsoftware für die neue Maschine. Die beiden wichtigsten Themenkreise waren ein Programmiersystem für ALGOL60 und ein Betriebssystem für eine Magnetband-orientierte Anlage.

Sicherheitsarchitektur für Grids.



Nach den Betriebserfahrungen mit der PERM erschien es dringend erwünscht, bei Laufzeitfehlern von Benutzerprogrammen, denen ALGOL-Quellprogramme zugrunde lagen, eine Fehlerdiagnose zu liefern, die sich auf das Quellprogramm bezieht (Fehlerstatus-Angabe auf Quellebene). Nebenbedingung war dabei, dass erst bei Auftreten eines Fehlers vom voll kompilierten Maschinenprogramm auf die Quell-Ebene zurückgegangen werden sollte. Dadurch wurden Effizienz-Einbußen zur Programmlaufzeit vermieden. Die hierfür notwendigen Komponenten (*Compiler* mit optionaler Bereitstellung von Hilfslisten für den Fehlerfall) und weitere Laufzeit-unterstützende Programme wurden im Program-



miersystem zusammengefasst. Dazu gibt es neben den damaligen Betriebsbeschreibungen aus dieser frühen Phase nur eine Literaturstelle: *G. Seegmüller, Some remarks on the computer as a source language machine*, Proceedings IFIP Congress 62, North-Holland, 1962, 524–525.

Das TR4-Betriebssystem

Neuland wurde mit dem Entwurf, der Konstruktion und der Implementierung des TR4-Betriebssystems beschrieben. Da große Flexibilität in der Betriebsgestaltung angestrebt wurde, sah man die Abfolge der vom System zur Ausführung gebrachten Komponenten eines Benutzer-Jobs als „Befehle“ eines übergeordneten „Superautomaten“ an, der vom Betriebssystem realisiert wurde. Dies wurde in Analogie zur Befehlsausführung auf Maschinenebene gesehen. Das Prinzip erwies sich als sehr tragfähig für die geplanten Funktionen (Stapelverarbeitung mit *Spooling*, Systemänderungen bei laufendem Betrieb, dynamisches *Job-Scheduling*, Mehrprozessbetrieb, Einbettung von Programmiersystemen). Dazu existiert die Veröffentlichung von *H.-R. Wiehle, G. Seegmüller, W. Ulrich, F. Peischl: Ein Betriebssystem für schnelle Rechenautomaten*, Elektron. Rechenanlagen 6 (1964) 119–125.

Erste Programmibibliotheken

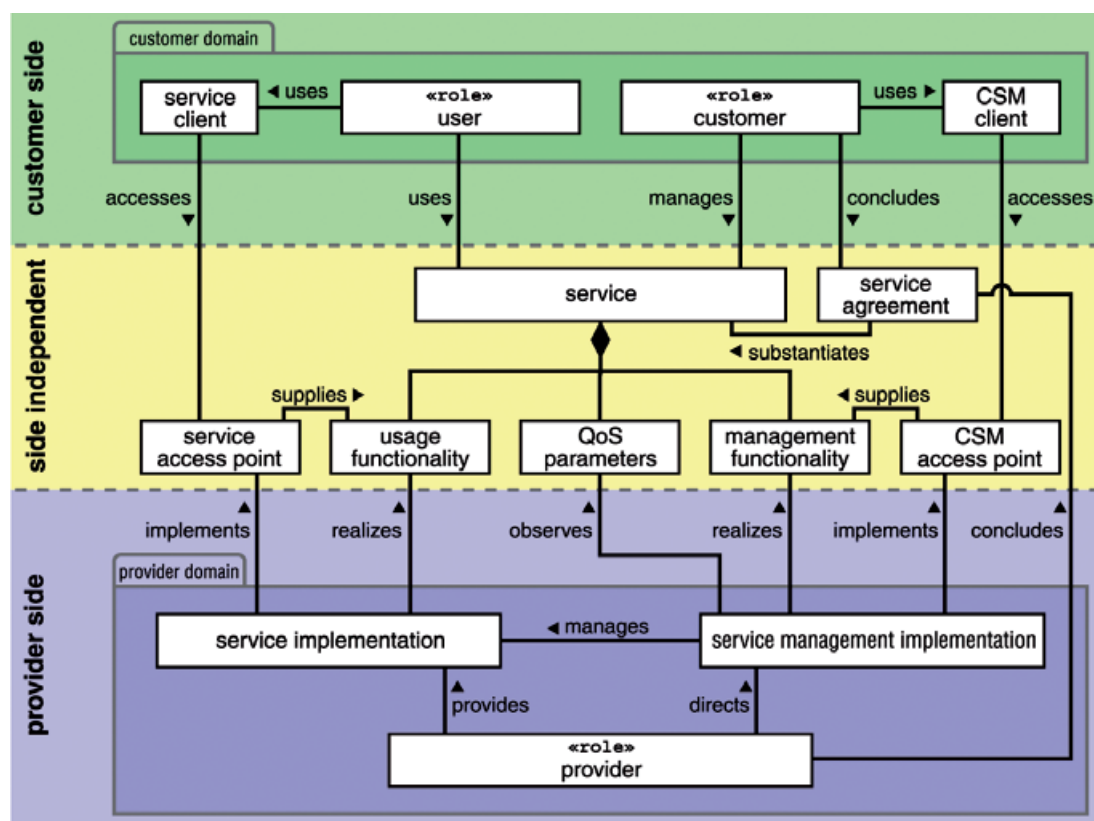
Schon früh erfolgte auch die Entwicklung erster Programmibibliotheken, insbesondere für die Gebiete Statistik-Verfahren und Numerik, sowie Forschung auf den Gebieten von Eigenwert- und Approximationsverfahren.

ADA und ASTRA

In den 70er und 80er Jahren war das LRZ unter Gerhard Seegmüller bei der Entwicklung des prozess-

orientierten TR440-Multiprozessor-Betriebssystems BSM mit beteiligt. Es war unter Christoph Zenger und Klaus-Dieter Reinsch aktiv in der Entwicklung von Numerik- und Grafik-Algorithmen, die sich niederschlug im LRZ-Grafiksystem,

Zürich; auch Informatik-Pioniere wie Brinch-Hansen, Dijkstra und Hoare waren häufig Gast am LRZ. Am LRZ wurden umfangreiche Produktevaluationen mit den ersten PC-Generationen durchgeführt, was zu viel beachteten Bewertungskrite-



Das MNM-Dienstmodell

das lange Jahre im Produktionsbetrieb war und sich durch eine geräteunabhängige Ausgabe-schnittstelle und -zweischensprache auszeichnete. Genannt werden müssen auch die Aktivitäten zur Entwicklung von Systemimplementierungssprachen (ADA, ASTRA) in enger Kooperation mit der *IFIP Working Group 2.1*. Erwähnt sei beispielsweise die Publikation von *H.-G. Hegering, D. Schneider, G. Seegmüller und A. Schwald: Systems Programming Elements of the Language ASTRA* in: Software-Systems Engineering Conference, Uxbridge 1975. Besonders enge Zusammenarbeit bestand damals mit Nikolaus Wirth von der ETH

rien-Katalogen führte (siehe etwa in Informatik-Fachbericht 96, Springer 1985).

Entwicklung der Netze

Mit der Einführung des AEG-Fernzugriffnetzes auf die zentralen Cybersysteme entstand als Vorläufer zu jetzigen Netzmanagementsystemen bereits 1982 ein multiresidentes System zur Netzstatusanzeige, das auf einem Farbgraphikgerät die Netzauslastung und den Status der Außenstationen darstellen konnte. Auch wurde deutschlandweit das erste 10Mbit-Ethernet (*Net-/One* von Ungermann-Bass) und die erste Nutzung von Glasfasern für Ether-

net (Hirschmann) pilotiert und in vielen Publikationen dokumentiert (etliche LRZ-Berichte, Konferenzbeiträge und die Monographie von Chylla/Hegering bzw. Läßle/Hegering über Ethernet-LANs).

IT-Management

Mit der Übernahme der LRZ-Leitung durch Heinz-Gerd Hegering gewannen Projekte im Netzbereich und Forschung auf dem Gebiet des IT-Managements stark an Gewicht. Es liegt ja auf der Hand, dass bei einer so umfangreichen und vielfältigen Kundenstruktur und Systeminfrastruktur, wie beim LRZ gegeben, das IT-Management der Komponenten, aber auch das IT-Servicemanagement eine bedeutende Rolle spielen. Hier sind zu nennen die Einführung von Netzmanagement-Plattformen in Forschung und Betrieb (ab 1989), die Entwicklung von Trouble-Ticket-Systemen zur Unterstützung von Hotline und Fehlermanagement (ab 1990), der Betrieb der ersten X.25-2Mbit/s- und 34Mbit/s-Strecke der Telekom im Rahmen eines DQDB-MAN-Testbeds (1991) und die Beteiligung am DFN-Projekt Regionales Testbed Bayern (Test 155Mbps über ATM) von 1994 bis 1996. Die Testbeds waren wesentlich für den Aufbau des Deutschen Forschungsnetzes.

Customer Service Management

Ab 1998 war das LRZ federführend in der Entwicklung des DFN-Projektes *Customer Service Management* (CSM). Dabei geht es um eine Kundeninformations- und -interaktionsschnittstelle über Netzdienste. Der vom LRZ entwickelte CSM-Prototyp wurde zunächst (1998–2000) für das B-WiN produktiv eingesetzt und 2000–2004 für das G-WiN weiterentwickelt. Seit 2005 wird das Ergebnis auf das europäische Wissenschaftsnetz Géant übertragen. 1998–2000

war das LRZ auch beim DFN-Gigabit-Testbed beteiligt, bei dem WDM-Systeme und ATM-Switches untersucht wurden. In der Zeit entstand die weltweit erste 2,448-Gbps-Übertragung über ATM.

IntegratUM und Langzeitarchivierung

Ab 2004 wurde das LRZ mit einer größeren Gruppe Partner der TUM im DFG-Projekt IntegratUM, wo es die Bereiche Mail-Systeme und *Federated Identity Management* abdeckt. Es geht dabei um die komplexe Aufgabenstellung, auf der Basis einer zu konzipierenden gemeinsamen *Metadirectory*-Struktur ein integriertes Informationsmanagement für viele Hochschulprozesse der Forschung, Lehre und Verwaltung zu ermöglichen, indem personenbezogene Verwaltungsdaten über Standardschnittstellen bereitgestellt und mit Beständen der Web-Portale, Bibliotheken, Medienzentren und lokalen System-Benutzerverwaltungen automatisiert abgeglichen werden. Seit 2005 ist das LRZ auch Partner im DFG-Projekt Langzeitarchivierung, bei dem die Bayerische Staatsbibliothek die Federführung hat.

Grid Computing

Im Bereich *Grid Computing* konnte das LRZ sowohl beim EU-Projekt DEISA als auch beim BMBF-Projekt D-Grid eine Reihe von Drittmittelstellen einwerben. Beim *Large Hadron Collider Computing Grid* (LCG), dem großen europäischen Beschleuniger-Experiment des CERN, ist das LRZ als sog. Tier-2-Zentrum beteiligt. Schon 2000 hatten die ersten Grid-Aktivitäten begonnen, denn das LRZ hat an der Entwicklung der UNICORE-Middleware aktiv mitgearbeitet und später für die UNICORE-Community die Zertifizierungsinstanz wahrgenommen. Im Rahmen des D-Grid soll eine nachhaltig

nutzbare Basis-Grid-Infrastruktur entstehen und weiterentwickelt werden. Das Grid virtualisiert dabei Daten-, Informations- und Rechen-dienste, indem es die technischen Details der konkreten i.a. verteilten Realisierung verbirgt. Neben dieser Virtualisierung ist die kooperative Nutzung von Ressourcen ein Schlüsselement. Das Grid wird künftig eine Vielzahl von Dienstenutzern, sowohl aus dem wissenschaftlichen Bereich als auch aus der Wirtschaft, mit Dienstleistungen versorgen, die selbst wieder von einer Vielzahl von Dienstleistern erbracht werden. Das LRZ ist in Teilprojekten vertreten, die sich mit der Middleware Globus, der Ressourcen- und Dienstintegration, dem Management virtueller Organisationen, dem Monitoring sowie dem Accounting in Grids beschäftigen.

Netze der nächsten Generation

Ab 2006 ist das LRZ Partner im *European Network of Excellence on Management of the Internet and Complex Services* (EMANICS), wo es um neue Managementkonzepte für Netze der nächsten Generation geht. Ferner betreut das LRZ im Auftrag von DANTE und DFN das neue europäische Projekt *Monitoring of Multidomain Networks*. Im Zusammenhang mit europäischen Forschungs- und Grid-Projekten werden nämlich in zunehmendem Maße auch auf europäischer Ebene virtuelle private Netze gebildet. Dabei wird es immer wichtiger, ein Monitoring zu etablieren, das in der Lage ist, die Domänengrenzen der rechtlich und technisch autonomen nationalen Forschungsnetze und des europäischen Verbundnetzes *Geant2* zu überwinden und eine echte Ende-zu-Ende-Sicht auf das virtuelle private Netz zu liefern. In einem von der europäischen Union geförderten Projekt (*Geant2*

GN2-JRA4-WI03) wird ein Konzept sowie eine prototypische Implementierung für ein solches domänenübergreifendes Monitoring entwickelt.

Einsatz in Lehre und Forschung – Das MNM-Team

Im Zuge der Forschung am LRZ im Bereich IT-Management entstand das Münchner Netzmanagement-Team, international bekannter unter seiner Abkürzung MNM-Team, das sich unter der Leitung von Heinz-Gerd Hegering als eine der ersten Gruppen in Deutschland seit mehr als zwanzig Jahren mit Themen aus dem Bereich des IT-Managements in Lehre und Forschung befasst. Aus der Arbeit gingen fast dreihundert Veröffentlichungen, meist international, und zahlreiche Dissertationen hervor, ferner mehrere hundert Diplomarbeiten und Entwicklungsprojekte.

Was die Gruppe treibt, sind die Fragen, wie werden vernetzte Systeme betrieblich beherrschbar, welche Tools, welche Managementkonzepte, welche IT-Prozesse sind adäquat. Wie kommt man methodisch zu angemessenen Managementarchitekturen, Plattformen, Spezifikationen und Policies? Engste Zusammenarbeit gibt es mit verschiedensten Lehrstühlen an TU München, LMU, Universität der Bundeswehr München und weiteren Hochschulen im In- und Ausland. Zu den Kooperationspartnern gehören u.a. Siemens, HP, IBM, BMW, T-Systems, BMC Remedy, DFN, BSI, Materna, DANTE.

Bezug zur Praxis

Die Forschungsarbeit des Teams profitiert erheblich davon, dass Mitglieder auch konkrete Betriebsverantwortung für umfangreiche IT-Infrastrukturen in komplexen organisatorischen Umfeldern haben. So kommen viele Fragestellungen

aus der Praxiserfahrung und können der Forschungs- und Entwicklungsarbeit zugeführt werden; umgekehrt können Ergebnisse und Prototypen einem Praxis- und Härtetest zum Tragfähigkeitsnachweis in konkreter Dienstleistungsumgebung unterworfen werden.

Höchstleistungsrechnen am LRZ

Last but not least muss erwähnt werden, dass das LRZ seit geraumer Zeit aktiv in Projekten des Höchstleistungsrechnens (*High Performance Computing*, HPC) ist. Das begann bereits in den 80er Jahren mit einer DFG-Studie zum HPC-Bedarf und setzte sich fort mit Untersuchungen zu systemspezifischen Optimierungsmöglichkeiten von Algorithmen, nachdem ab 1988 mit einer Cray erstmals Supercomputer im LRZ installiert waren.

Nach der Gründung einschlägiger Sonderforschungsbereiche (SFB 342) und Kompetenzzentren der Bayerischen Forschungstiftung (FORTWIHR ab 1992, KONWIHR ab 1999) war das LRZ ab 1999 an dortigen HPC-Projekten beteiligt. Seit 2005 ist das LRZ Partner im Projekt DEISA (*Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications*). Dort wird Entwicklung im Bereich des Grids betrieben (z.B. Shared File System) und eine europäische Vernetzungsinfrastruktur mit einer vereinheitlichten Produktionsumgebung für nationale Supercomputerzentren aufgebaut. Projektbestandteil ist aber auch eine HPC-Anwendungsförderung (DEISA *Extreme Computing Initiative*), bei der sich das LRZ mit zwei Anwendungen aus dem Bereich der Strömungsmechanik einbringen konnte. Über Aktivitäten im LRZ-Umfeld beim High Performance Computing und bei den Computational Sciences wird in einem gesonderten Beitrag in diesem Heft berichtet.

Munich Computational Sciences Centre

Es sei jedoch noch erwähnt, dass 2005 auf Initiative des LRZ die Gründung des *Munich Computational Sciences Centre* (MCSC) stattfand; den dazu gehörenden Rahmenvertrag haben Bayerische Akademie der Wissenschaften, Technische Universität München, Ludwig-Maximilians-Universität München, Max-Planck-Gesellschaft, LRZ und Rechenzentrum Garching der MPG unterschrieben.

Abschließend sei noch festgehalten, dass Mitglieder des Direktoriums des LRZ und wiss. Mitarbeiter des LRZ in diversen wichtigen Gremien aktiv bzw. leitend mitgearbeitet haben: Kommission für DV-Konzepte in Bayern, Netz- und Bibliothekskommissionen, Beirat Bayern Online, DFG-Kommission für Rechenanlagen, Beratender Ausschuss für Rechenanlagen (BAR) der MPG, Nationaler Koordinierungsausschuss für Höchstleistungsrechner des Wissenschaftsrates, DFN-Vorstand, ZKI/ALWR, BRZL usw. Es sei auch noch betont, dass eine Reihe von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die aus den verschiedensten Tätigkeitsbereichen des LRZ stammen, Hochschullehrer wurden.

Der Autor ist Ordinarius für Informatik an der Ludwig-Maximilians-Universität München und Mitglied des Lehrkörpers der Informatik an der Technischen Universität München sowie Vorsitzender des Direktoriums des Leibniz-Rechenzentrums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Sein Forschungsschwerpunkt sind Netz- und Systemmanagement. Er ist Gründer und Leiter des Münchner Netz-Management-Teams MWM.

