

Der markante Doppel-
würfel auf dem
Forschungscampus in
Garching beherbergt die
Supercomputer des LRZ.



Blick in eine „Tape
Library“, eines der
Magnetbandarchive
im Daten- und
Archivraum des
Leibniz-Rechenzentrums.

Ein Ort, an dem Zukunft gemacht wird

Wissenschaftliche Rechenzentren wie das **Leibniz-Rechenzentrum** leisten einen wichtigen Beitrag zur Digitalisierung eines Landes. Als digitale Dienstleister haben sie eine Vielzahl von Aufgaben wie Höchstleistungsrechnen, Politikberatung oder die Bereitstellung von Forschungsdateninfrastruktur.

Von **Peter Welchering**

Heißes Gestein, rot glühend, steigt auf und bewegt sich auf den Zuschauer zu. Der schaut fasziniert, aber ziemlich entspannt auf die Gesteinsmassen, die sich da im Erdinneren bewegen. „Jetzt entsteht gerade Island“, kommentiert Ludger Palm vom Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) in Garching 200 Millionen Jahre Erdgeschichte. Im Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung sieht man mit 3D-Brille und einer aufwändigen Projektion, wie die Kontinente ihre heutige Form erhalten haben.

In der Simulation, die auf dem Höchstleistungscomputer SuperMUC berechnet wurde, fliegen hunderttausend Jahre Erdgeschichte in Sekunden vorbei. Der Betrachter kann aktiv in die Simulation eingreifen,

schnell eine Million Jahre überspringen oder sich den Zeitpunkt, zu dem Island aufgetaucht ist, exakt anzeigen lassen.

Simulation und Visualisierung schaffen neue Erkenntnisse

„Solche Simulationen und deren Visualisierung werden derzeit aus ganz unterschiedlichen Wissenschaftsbereichen nachgefragt“, berichtet Dieter Kranzlmüller, der als Vorsitzender des Direktoriums seit 2017 das Leibniz-Rechenzentrum leitet. Simulationen im Rahmen von Big-Data-Analysen sollen dafür sorgen, dass der Autoverkehr ohne Staus fließen kann. Die Menschen sollen dank individueller Medikamente schneller gesund werden und länger

gesund bleiben. Der Energieverbrauch soll punktgenau prognostiziert und gesteuert werden. „Big Data hat über die Wissenschaft den Alltag der Menschen erreicht“, bringt Arndt Bode, emeritierter Lehrstuhlinhaber für Rechentechnik und Rechnerorganisation an der TU München und Vorkämpfer Kranzlmüllers am LRZ, die Entwicklung auf den Punkt.

„Die Voraussetzungen für solche Anwendungen wurden und werden in wissenschaftlichen Rechenzentren wie dem LRZ erforscht und entwickelt“, erklärt Heinz-Gerd Hegering, der dem LRZ ebenfalls lange Jahre vorstand. So werden heute gemeinsam von Medizinerinnen und Informatikern Werkzeuge für die Modellierung individueller Brustkrebstherapien entwickelt.

Denn: „Kliniken verfügen nicht über die Supercomputer für diese Forschungsarbeiten“, zeigt Dieter Kranzlmüller auf und fährt fort: „Aber in zehn Jahren haben sie vermutlich genug Rechenleistung vor Ort, um individuelle Therapien für ihre Patienten im eigenen Haus rechnen zu lassen.“

Supercomputer als Wechsel auf die Zukunft

Deshalb stellen die Spezialisten am Leibniz-Rechenzentrum heute die Frage: Welche Rechenleistung brauchen wir im Jahr 2025 und wie muss diese umgesetzt werden? Die Beantwortung dieser Frage ist dann eine Gemeinschaftsaufgabe. Denn welche Dienste demnächst für die tägliche Arbeit in Forschung und Lehre gebraucht werden, können die Rechenzentrumspezialisten nur gemeinsam mit den Fachwissenschaftlern erkunden. „Wir dürfen dabei nicht darauf warten, dass die Fachwissenschaftler auf uns zu kommen, sondern müssen aktiv nach handhabbaren Diensten aus dem Rechenzentrum für Universitäten und Wissenschaftseinrichtungen generell forschen“, beschreibt Dieter Kranzlmüller die Aufgabe.

Dabei geht es dann auch um digitale Unterstützung für die Steuerung von Wissenschaftsprozessen. Hierfür erhalten die Garchingler viel Lob aus anderen Wissenschaftseinrichtungen. „Die Entwicklung der Gesellschaft wird in hohem Maße von innovativer Software bestimmt“, sagt zum Beispiel der Genfer Informatiker Jean-Michel Jouanigot, der das Datenzentrum am Kernforschungszentrum CERN erheblich mit aufgebaut hat.

Wissenschaftliche Rechenzentren wie das LRZ in Garching oder das Datenzentrum am CERN in Genf bieten das Umfeld, um die digitalen Grundlagen zu erforschen, die das Leben der Menschen künftig erheblich beeinflussen werden. Tim Berners-Lee zum Beispiel entwickelte vor fast 30 Jahren während seiner Arbeit am CERN eine Verwaltungssoftware und Dokumentenbeschreibungssprache, um Dateien einfacher austauschen zu können. Daraus entstand das World Wide Web. Ähnlich wurde die fotorealistische Simulation von Karosseriemodellen an wissenschaftlichen Rechenzentren wesentlich vorangebracht. Das zählt in der Automobilindustrie heute zum Standard.

4.000 WLAN Access Points

betreibt das Leibniz-Rechenzentrum derzeit im Münchner Wissenschaftsnetz, von München über den Wendelstein bis zur Zugspitze, und vernetzt so Universitäten, Hochschulen und weitere wissenschaftliche Einrichtungen untereinander und mit dem Internet.

100.000

Studierende, Professorinnen und Professoren sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nutzen täglich die Dienste des Leibniz-Rechenzentrums wie E-Mail, Internet, Archivierung, Visualisierung und Rechenkapazität, vom einzelnen Serverknoten bis zum Supercomputer.

26,9 Petaflops

Spitzenleistung erreicht der Höchstleistungsrechner SuperMUC-NG mit 311.040 Rechenkernen, 719 Terabyte Hauptspeicher und 70 Petabyte externem Speicherplatz. Finanziert vom Bund und vom Freistaat Bayern, liegt er auf Platz 8 der TOP500-Liste der weltweit schnellsten Rechner. In der Europäischen Union ist er die Nummer 1.

117 Terabyte Daten

sichert das LRZ als Backup- und Archivzentrum pro Tag dauerhaft und zuverlässig für Wissenschaft und Forschung. Insgesamt sind 48.000 Terabyte Daten in 21 Milliarden Dateien gesichert.

Software bestimmt gesellschaftliche Entwicklung

Inzwischen hat auch die Politik erkannt, dass solche Pionierarbeit an wissenschaftlichen Rechenzentren eine eminente Bedeutung hat. Anlässlich der Internationalen Supercomputerkonferenz 2018 in Frankfurt am Main hob Wirtschaftsminister Peter Altmaier deshalb hervor: „Das Wohl von Volkswirtschaften hängt inzwischen von Supercomputern ab.“ Er wies darauf hin, dass der Bedarf an Rechenleistung für Simulation, Modellrechnung und Visualisierung unaufhaltsam wachse. Tatsächlich ist die Entwicklung neuer Produkte ohne aufwändige Computersimulation gar nicht mehr vorstellbar. Deshalb wird der alljährlich ausgetragene Wettlauf um den Titel des schnellsten Höchstleistungsrechners der Welt auch nicht nur von Supercomputerexperten mit großer Spannung erwartet, sondern auch von Regierungen und Volkswirtschaftlern genau beobachtet.

Es geht nicht nur um Höchstleistungsrechnen

Aber genau das greift zu kurz. „Wir dürfen wissenschaftliche Rechenzentren nicht auf das Höchstleistungsrechnen reduzieren“, warnt Dieter Kranzlmüller. Er vergleicht das mit Formel-1-Rennen. Da freuen sich die Fans einer Automarke auch, wenn der Bolide aus ihrem Rennstall einen der ersten Plätze belegt. Aber das sei eben weit vom Alltag des Autofahrers entfernt.

Ganz ähnlich ist das im Höchstleistungsrechnen. Wer auf der TOP500-Liste einen der vorderen Plätze belegt, erhält viel Lob von Regierungen und Medien. „Wir freuen uns natürlich über Lob für den SuperMUC der neuen Generation“, meint LRZ-Leiter Kranzlmüller. Entscheidend ist nach seinem Dafürhalten aber etwas anderes: „Alle Tätigkeit im Rechenzentrum ist an Wissenschaft orientiert, deren Ergebnisse den Alltag der Menschen künftig bestimmen werden.“

Weil keine andere Disziplin in so kurzer Zeit eine so hohe gesellschaftliche Relevanz entwickelt habe wie die Informatik, sei es für die Mitarbeiter an wissenschaftlichen Rechenzentren so wichtig, die Konsequenzen ihrer Entwicklungen mit zu bedenken. Technikfolgenabschätzung und ethische Bewertung gehören dazu. Der

Verantwortungsdruck ist während der vergangenen Jahre erheblich gewachsen. „Die Rechenzentren sind die Orte, an denen diese Themen bearbeitet werden müssen“, sagt Dieter Kranzlmüller mit großem Nachdruck. Das geht eben nur im intensiven Dialog mit den Fachwissenschaftlern. So hat sich Xiaoxiang Zhu, Professorin für Signalverarbeitung in der Erdbeobachtung an der Technischen Universität München, an das Leibniz-Rechenzentrum gewandt, weil sie im Rahmen eines Forschungsprogramms über Urbanisierung als Megatrend des globalen Wandels satte vier Petabyte an Satellitendaten verarbeiten wollte. Das sind vier Billionen Bytes, was der Datenmenge eines Videos von 160 Jahren Länge entspricht. Auch für ein Höchstleistungsrechenzentrum ist das eine enorme Herausforderung. Am europäischen Kernforschungszentrum CERN fallen zum Beispiel bei einem Experiment für die Urknallsimulation im Teilchenbeschleuniger eine Billion Bytes an. Diese werden allerdings auf 140 Rechenzentren weltweit verteilt und dort bearbeitet.

60 Petabyte Daten für die Landwirtschaft von morgen

Die vier Petabyte Satellitendaten wollte Professorin Xiaoxiang Zhu im Garching Rechenzentrum vor Ort verarbeiten. Sie setzte sich mit den Spezialisten des LRZ zusammen und diskutierte, welche Hardware-Anforderungen das Projekt stellt und mit welchen Methoden die Daten am besten bearbeitet werden könnten. „Nachdem wir das diskutiert und Lösungen entwickelt hatten, wurde klar, dass auch andere Lehrstühle und Institute ganz ähnliche Anforderungen haben“, berichtet Dieter Kranzlmüller. „Daraus ergab sich die Frage: Können wir einen Dienst bereitstellen, der von möglichst vielen Wissenschaftlern nachgefragt wird?“

Genau das war der Fall. Wolfram Mauser vom Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung der LMU München nutzte den Dienst, um 60 Petabyte Satellitendaten für ein Projekt im Bereich „Precision Farming“ auszuwerten, ein Verfahren, bei dem man Nutzflächen je nach Bodenbeschaffenheit ganz zielgerichtet bewirtschaftet. Für die Landwirtschaft und für die Wasserwirtschaft wurden so völlig neue Perspektiven entwickelt.



Neue Perspektiven für die Landwirtschaft: Test eines Agrar-Roboters, der automatisch erkennen kann, welche Pflanze eine Nutzpflanze ist und wo Unkraut wächst.

„Das Wohl von Volkswirtschaften hängt inzwischen von Supercomputern ab.“

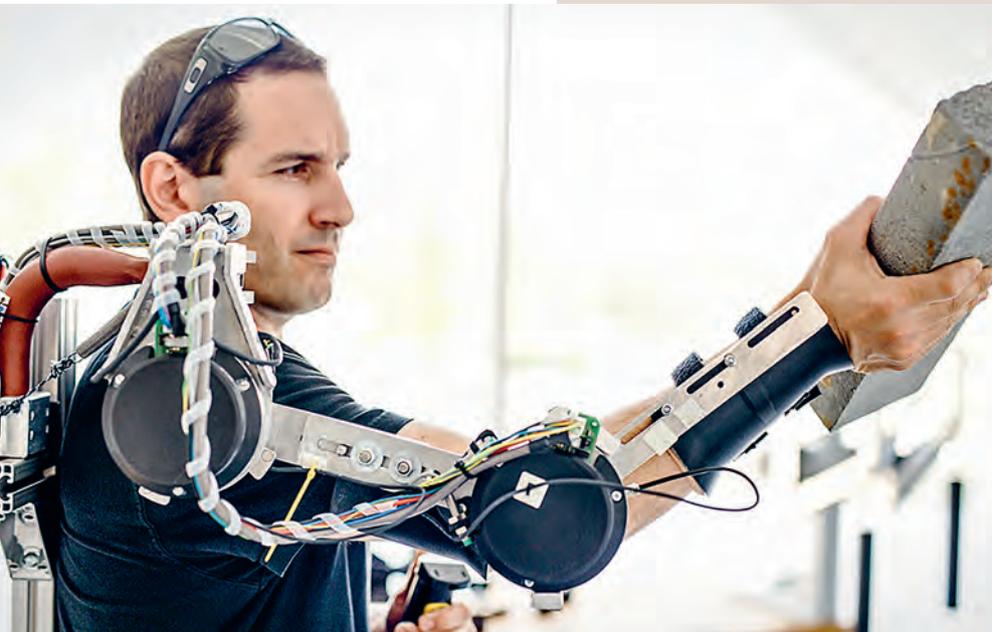
Ein weiteres Thema, das die Wissenschaftler im Leibniz-Rechenzentrum derzeit ziemlich beschäftigt, sind Methoden Maschinellem Lernens für die Medizin. Bei den bildgebenden Verfahren für Gewebepfeifen ist gegenwärtig eine geradezu stürmische Entwicklung festzustellen. Mediziner, Biologen und Pharmakologen erarbeiten auf der Grundlage dieser Forschungsgegenstände gerade vielversprechende Konzepte für Krebstherapien. Die Hoffnungen, die erkrankte Menschen und ihre Angehörigen in diese Forschungsarbeit setzen, sind enorm.

Die Wissenschaftler am Leibniz-Rechenzentrum fühlen sich natürlich auch von diesen Hoffnungen heraus-

gefordert. „Dabei beschäftigen wir uns aber nicht nur mit diesen direkten Auswirkungen von Methoden Maschinellem Lernens für die Medizin, sondern auch mit Konsequenzen, die sich für viele Menschen erst auf den zweiten Blick ergeben“, berichtet Dieter Kranzlmüller.

Keine zweitrangigen Fragen

Dazu zählt beispielsweise die Archivierung der wissenschaftlichen Daten, die im Rahmen dieser Forschungen angefallen sind. „Die müssen teilweise bis zu 30 Jahre lang aufbewahrt werden“, schildert Kranzlmüller die Rahmenbedingungen. Deshalb mussten die Mitarbeiter einen eigenen



Archivierungsplan entwickeln, der unter anderem klärt, wie oft die Speichermedien gewechselt werden müssen, welche neuen Medien zu integrieren sind und wie das genau zu geschehen hat.

Auch die Fragen, von welchen Daten wann wie viele Sicherheitskopien erstellt werden müssen und wo diese aufzubewahren sind, mussten beantwortet werden. Natürlich haben die Wissenschaftler dabei einen Blick in die Zukunft geworfen und etwas technische Trendforschung betrieben. Sie fertigten eine Analyse an, mit welchen Speichermedien in den nächsten fünf beziehungsweise zehn Jahren zu rechnen ist und wie diese Medien in die dann vermutlich abgeschlossenen Projekte zum Maschinellen Lernen in der Medizin eingebunden werden.

Dabei spielt natürlich auch die Frage der Kosten eine Rolle. Denn heutzutage kann noch niemand sagen, was gerade als Pilotprojekt entwickelte Speichermedien in 20 Jahren kosten werden. Dennoch muss das Budget für ein solches Projekt kalkuliert werden, und die künftigen Speicherkosten dürfen dabei nicht außen vor bleiben. „Man sieht, hier greifen wissenschaftliche und betriebliche Fragestellungen ineinander“, meint Dieter Kranzlmüller. Das aber macht die Tagesarbeit für die Mitarbeiter an wissenschaftlichen Rechenzentren so spannend. Sie wissen, dass sie mit ihrer Arbeit mittelbar die Zukunft von ganz vielen Menschen beeinflussen.

Am Körper tragbarer Roboter: Exoskelette sind ein interdisziplinäres Forschungsgebiet, an dem auch die Informatik beteiligt ist.

Digitalisierung der Lehre

„Und das gilt übrigens nicht nur für die Forschung, sondern auch für die Lehre“, gibt Heinz-Gerd Hegering zu bedenken. Denn die Art der Wissensvermittlung wird immer stärker durch die eingesetzten Techniken geprägt.

Als Professor Hegering vor vielen Jahren die ersten „Video-Vorlesungen“ anbot, konnte niemand ahnen, was sich daraus in Richtung einer Webinar-Kultur entwickeln könnte. „Wir hatten damals das ganz schlichte betriebliche Problem in der Lehre zu lösen, dass sich ein Hörsaal in Garching befand und ein weiterer in der Theresienstraße mitten in München“, schildert Hegering die Ausgangssituation. Dieselbe Vorlesung zweimal zu halten, fand er lang-

weilig und entwickelte deshalb ein Konzept für eine Live-Übertragung in beide Richtungen. Die Studierenden in beiden Hörsälen konnten den Vortragenden sehen und hören, gleichzeitig konnte er die Studierenden sehen, hören und direkt ansprechen. Die Video-Vorlesungen mit Diskussion wurden geradezu legendär.

„Wir haben uns dann gefragt, wie wir Video in der Lehre als neuen Regeldienst aufbauen können“, berichtet Arndt Bode, der Heinz-Gerd Hegering als Leiter des Leibniz-Rechenzentrums nachfolgte. Das erwies sich jedoch als politisch brisante Angelegenheit, bei der sehr viele unterschiedliche Interessen zu berücksichtigen waren.

Schließlich entstand aber daraus ein etabliertes Angebot im Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes, das sogar international extrem nachgefragt wurde. „Insofern sind wissenschaftliche Rechenzentren eigentlich sehr politiknahe Betriebe“, urteilt Siegmund Mosdorf, Partner der politiknahen Unternehmensberatung CNC in Berlin und früherer Staatssekretär im Bundeswirtschaftsministerium. Mosdorf hat sich während seiner politischen Laufbahn intensiv mit Rechenzentrumspolitik befasst, was er als „höchst innovatives Politikfeld“ beschreibt. „Die wissenschaftlichen Rechenzentren liefern einen enorm wichtigen Beitrag zur Digitalpolitik eines Landes“, betont Mosdorf. Das umfasse eben nicht nur Höchstleistungsrechnen, Politikberatung und die Bereitstellung von Forschungsinfrastruktur. „Das alles passiert in den wissenschaftlichen Rechenzentren, und das ist auch sehr wichtig“, meint der Ex-Staatssekretär. Entscheidend sei aber ein anderer Punkt: „Die wissenschaftlichen Rechenzentren sind der Ort, an dem ganz wesentlich Zukunft gemacht wird.“

Peter Welcherling

ist als Technik- und Wissenschaftsjournalist für Radio und Fernsehen tätig, darunter der SWR, der Deutschlandfunk und das ZDF, sowie für Zeitungen und Zeitschriften.
