

# Future Computing

Immer noch vernetzter, energieintensiver, schneller? Das Leibniz-Rechenzentrum setzt **für die Zukunft** eher auf die kluge Zusammenarbeit zwischen Gerätebetrieb, Diensten und eigener Forschung.

## Quo vadis IT?

Von  
**Dieter Kranzlmüller**

**D**ie Digitalisierung prägt unser Leben, auch in der Wissenschaft. Die Möglichkeit, analoge Daten in digitale Formate umzuwandeln und zu verarbeiten, eröffnet der Forschung neue Wege. Daraus folgt aber auch, dass wissenschaftliche Entdeckungen eng an die Leistungsfähigkeit von Computern geknüpft sind, und das nicht nur in der Physik, Astronomie oder den Klimawissenschaften, die bereits frühzeitig Höchstleistungsrechner eingesetzt haben, sondern zunehmend auch in den Lebens-, Geistes- und Sozialwissenschaften.

### Computer für die Hosentasche

Seit dem Siegeszug des Smartphones ab Anfang 2007 hat beinahe jeder Mensch einen leistungsfähigen Computer in der Jacken- bzw. Hosentasche. Was bedeutet es aber konkret, wenn wir von der Leistungsfähigkeit eines Computers reden? Ein wichtiger Faktor ist das exponentielle Wachstum in den Informations- und Kommunikationstechnologien. Um die Rechenleistung eines Smartphones, z. B. des iPhone 7 aus dem Jahr 2016, zu messen, kann man den Linpack Benchmark, einen Code zum Lösen linearer Gleichungssysteme, aus dem App Store installieren. Dieser liefert im Selbsttest einen maximalen Linpack-Wert von

7.014,18 Megaflops bei zehn Durchläufen der App – das sind 7.014.180.000 Gleitkommaoperationen pro Sekunde. Eine Gleitkommaoperation wäre etwa die Multiplikation der Zahlen 2,314 und 3,567. Das iPhone 7 kann also sieben Milliarden solcher Operationen durchführen – pro Sekunde.

Hat man diesen Wert errechnet, kann man die Leistung mit der des aktuellen Höchstleistungsrechners SuperMUC-NG am Leibniz-Rechenzentrum vergleichen. Er ist in der Liste der TOP500-Supercomputer von November 2018 mit einem Linpack-Wert von 19.476,6 Teraflops gelistet, also 19.476.600.000.000.000 Gleitkommaoperationen pro Sekunde. Damit kann er also fast 2,8 Millionen Mal mehr rechnen als ein iPhone 7.

Wie sieht aber der Vergleich mit einem früheren Supercomputer aus? Als Beispiel nehmen wir einen Cray Y-MP Supercomputer, der 1988/89 als schnellster Rechner der Welt gelistet war. Er lieferte einen Linpack-Wert von 2.664 Megaflops, also 2,6 Milliarden Gleitkommaoperationen pro Sekunde. Mit einem iPhone 7 in der Tasche hat man heute also 2,6 mal mehr Rechenleistung als der schnellste Rechner der Welt vor 30 Jahren. Umgekehrt kann man prognostizieren, dass die Leistung eines Rechners wie SuperMUC-NG in 20 bis 30 Jahren in der Jackentasche eines jeden Menschen verfügbar ist, falls das exponentielle Wachstum wie gewohnt weitergeht. (Erste Anzeichen deuten allerdings darauf hin, dass es eher eine Verlangsamung des Wachstums geben wird.) Am LRZ sind ähnliche Steigerungsraten auch beim Speicher

zu verzeichnen – eine Verdopplung der genutzten Speichermenge alle 14 Monate – und beim Netz, das derzeit die sechsmillionenfache Bandbreite des ersten Netzanschlusses bietet.

### Was bedeutet das für das LRZ?

Als IT-Dienstleister für die Wissenschaft muss das LRZ diese Entwicklungen in seinem Angebot berücksichtigen. Es ist wichtig, schnell auf neue Entwicklungen zu reagieren. Dazu gehört nicht nur, frühzeitig neue Hardware bereitzustellen, sondern

auch das notwendige Umfeld, also Dienste und Prozesse. In der Organisationsstruktur des LRZ deckt diese Aufgabe der Bereich Forschung ab, wo eigene Entwicklungen, aber auch Projekte mit Partnern neue Erkenntnisse und Trends für die Anwendung in der Wissenschaft liefern.

Wie schnell die Nachfrage nach neuen Diensten befriedigt werden muss, erkennt man etwa an der Rolle des LRZ als Bayerisches Big-Data-Kompetenzzentrum. Ein typisches Beispiel ist die Klimafolgenforschung von Ralf Ludwig (LMU München). Im Projekt ClimEx wurde auf SuperMUC eine Klimasimulation über einen Zeitraum von 7.500 Jahren gerechnet. Der Ergebnisdatensatz umfasst 400 Terabyte an Daten. Eine Wissenschaftlerin des Teams stellte die Frage, ob man in den Daten auch sogenannte Vb-Wetterlagen finden könnte, die oftmals Unwetter und Hochwasser verursachen. Dafür wurde auf der NVIDIA DGX-1 Deep Learning Plattform ein neuronales Netz

## Digitalisierung eröffnet der Forschung neue Wege.

trainiert, das die Eigenschaften solcher Wetterlagen in den 400 Terabyte Daten lokalisieren konnte. Der wissenschaftliche Erfolg dieser Untersuchung gelang also dadurch, dass anwendungsorientierte Forscher – in diesem Fall aus der Geographie – mit den betriebsorientierten Kollegen am LRZ zusammenarbeiteten.

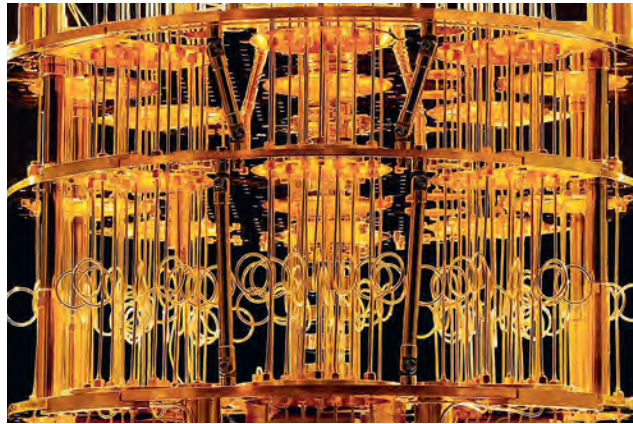
### **Künstliche Intelligenz wird immer wichtiger**

Gleichzeitig zeigt das Szenario, wie wichtig die Integration von Lösungen der Künstlichen Intelligenz (KI) in das Angebot des LRZ ist. Diese Methoden sind heute bereits fester Bestandteil vieler wissenschaftlicher Arbeiten. Mehr noch: Es ist zu erwarten, dass künftige Versionen des nationalen Höchstleistungsrechners am LRZ über dedizierte Module zur Verarbeitung von KI-Methoden verfügen werden. Damit kann das LRZ auch Synergien mit dem BMBF-geförderten Munich Center for Machine Learning und dem geplanten bayerischen Kompetenznetzwerk für Künstliche Maschinelle Intelligenz realisieren.

### **Energieeffizientes Höchstleistungsrechnen**

Der Betrieb und die Bereitstellung von höchster Rechenleistung als Aufgabe des LRZ im Rahmen der nationalen Höchstleistungsrechnerstrategie und gemeinsam mit den Partnern im Gauss Centre for Supercomputing ist ein weiteres Beispiel dafür, wie wichtig die Zusammenarbeit von Forschung und Betrieb sind. Der jeweilige Höchstleistungsrechner am LRZ ist ein System, das durch seine Eigenschaften speziell für die Anforderungen der Nutzer realisiert werden muss. Gleichzeitig wird der wissenschaftliche Output bei einem vorgegebenen Budget maximiert. Dies erfordert eine Gesamtkostenbetrachtung über die Lebensdauer des Rechners und eine Minimierung des Anteils der Betriebskosten am Gesamtbudget, um die besten Leistungsmerkmale für die Anwender zu erhalten.

Das LRZ hat sich bereits früh für das Paradigma „Energy-to-Solution“ entschieden: Bei der Durchführung von Aufgaben wird nicht nur die Rechenleistung, sondern auch die Stromaufnahme berücksichtigt. SuperMUC war als erster Höchstleistungsrechner



Die Zukunft des Rechnens? 2016 veröffentlichte IBM den ersten 5 Qubit-Quantencomputer (im Bild die Verdünnungskühlung). Auch in Bayern gibt es entsprechende Initiativen.

mit Heißwasserkühlung bei der Energieeffizienz weltweit führend. Diesen Weg ging das LRZ konsequent weiter bis zum SuperMUC-NG. Die erzielten Einsparungen, aber auch Innovationen wie die Adsorptionskältemaschinen, die aus der Abwärme Prozesskälte generieren, haben das LRZ als führendes Rechenzentrum im Bereich Energieeffizienz mehrfach bestätigt.

### **Blick in die Zukunft**

Mit Inbetriebnahme von SuperMUC-NG sind die Planungen für die Zwischenstufe 2021 und den nächsten Schritt im Jahr 2024 in den Vordergrund gerückt. Die mittelfristigen Ziele für das Gauss Centre wurden mit den Geldgebern 2017 mit der „Smart-Scale-Strategy“ formuliert. Das Supercomputing gilt als Nachweis technologischer Leistungsfähigkeit und Voraussetzung wissenschaftlicher Exzellenz. Entscheidend ist nicht die abstrakte Rechenleistung, sondern die optimale Deckung des wissenschaftlichen Bedarfs. In den internationalen Wettbewerb will die Europäische Union mit der EuroHPC-Initiative einsteigen. Leistungssteigerungen sollen nicht allein durch hohe Investitionen, sondern auch durch innovative Lösungen im Gesamtkonzept erbracht werden. Der LRZ-Rechner der Exascale-Klasse soll daher nochmals verstärkt auf ein Co-Design von Hard- und Software sowie Infrastruktur setzen.

Die Bayerische Staatsregierung sieht die Informationstechnologien allgemein

und den LRZ-Supercomputer im Besonderen als wichtigen Bestandteil ihrer Digitalstrategie. Im Herbst 2018 bekräftigte Ministerpräsident Markus Söder bei der Inbetriebnahme von SuperMUC-NG die Pläne zur Investition in High-Tech und kündigte eine Forschungsgruppe zu „Future Computing“ am LRZ an. Darüber hinaus soll das LRZ die Entwicklung eines bayerischen Quantencomputers unterstützen. Gespräche mit möglichen Herstellern wurden geführt, die Möglichkeiten zur Installation eines Quantenrechners am LRZ geprüft.

Alle diese Themen bestätigen das hohe Tempo und die innovativen Weiterentwicklungen in der Digitalisierung. Das LRZ als IT-Dienstleister der Wissenschaft ist ein zuverlässiger Partner, der den wissenschaftlichen Fortschritt nach Kräften unterstützt und dabei in allen Bereichen teamorientierte Ansätze verfolgt.

---

#### **Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller**

leitet seit 2017 als Vorsitzender des Direktoriums das Leibniz-Rechenzentrum der BADW. Er ist Professor für Informatik an der LMU München und forscht zu e-Infrastrukturen mit Netz- und IT-Management, Grid und Cloud Computing, Hochleistungsrechnen sowie Virtueller Realität und Visualisierung.

---