



Mikrowellenkabel zur Ansteuerung von supraleitenden Quantenbits mit Mikrowellenpulsen.

Vom Entweder-oder

Die Zukunft hat begonnen: Das **Leibniz-Rechenzentrum** hat erste Quantensimulatoren installiert und bietet Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Quanten-Dienste an. In den nächsten Jahren werden gemeinsam mit Partnern neue Komponenten, Workshops und weitere Services für die Forschung entstehen.

zum Sowohl-als-auch

Die Wechselwirkungen von Molekülen und Proteinen darstellen, um neue Medikamente und Materialien zu entwickeln, Verkehrsströme und Transportwege in Echtzeit berechnen, Versicherungsrisiken durchkalkulieren, Naturphänomene modellieren oder sogar die Entstehung von Leben simulieren: Quantencomputer sollen Aufgaben lösen, an denen Supercomputer aktuell noch scheitern. Diese Aussichten werden jetzt konkret: „Wir starten mit den ersten Services rund ums Quantencomputing“, berichtet Dieter Kranzlmüller, Leiter des Leibniz-Rechenzentrums (LRZ) der BAdW in Garching. „Als IT-Dienstleister für die Wissenschaft stellen wir Forschenden diese vielversprechende Technologie so zur Verfügung, dass sie ihre Projekte vorantreiben können, ohne sich um die Technik kümmern zu müssen.“ Quantencomputing wird in den nächsten Jahren sicher

keine eigenständige Technik, sondern eine Dienstleistung sein. Rechenzentren wie das LRZ bringen die Zukunftstechnologie zu den Nutzerinnen und Nutzern. „Alles ist neu, wir wissen nicht, welche Entwicklungspfade das Quantencomputing zur Marktreife bringen werden“, stellt Laura Schulz, Leiterin Strategie, Entwicklung und Partnerschaften am LRZ, fest. „Anwender und Anwenderinnen füllen das Vakuum, indem sie die neue Technologie für ihre Zwecke einsetzen.“

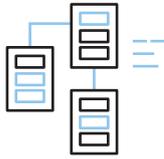
Super- mit Quantencomputing kombinieren

Im Beisein von politischer und wissenschaftlicher Prominenz hat das LRZ vor Kurzem sein Quantum Integration Centre (QIC) eröffnet: „Hier bündeln wir unsere Quantencomputing-Aktivitäten“, erklärt Kranzlmüller. „Als international

führendes Rechenzentrum haben wir bereits erste Quantencomputing-Hardware aufgebaut und befassen uns mit der zentralen Frage, ob und wie sich Quanten mit Supercomputing kombinieren lässt.“ Das LRZ wird mit Partnern Komponenten entwickeln, optimieren und in seine Höchstleistungscomputer integrieren. Via Cloud können Forschende bereits mit einer Quantum Learning Machine von Atos und an einem Quantensimulator mit 42 Qubits von Intel arbeiten.

Frei programmierbare, universelle Quantencomputer werden erst im Jahr 2030 erwartet. Quanten-Bits (Qubits) herzustellen ist aufwändig. Für Prozessoren wird derzeit mit Photonen, Ionenfallen und Supraleitern experimentiert. Kleinst-Erschütterungen oder winzigste Partikel bringen die Qubits jedoch aus dem Takt, sie müssen vor äußeren Einflüssen geschützt und auf minus 273 Grad

Quantencomputer und -simulation: zukünftige Anwendungen



Optimierungsaufgaben

Bessere Suchalgorithmen für Datenbanken oder schnellere Berechnungen zum Verkehrsfluss



Materialforschung

Materialfehler, die elektromagnetische Ursachen haben, werden schneller gefunden

Celsius gekühlt werden, damit sie eine Rechenleistung erbringen. „Die ersten Quantencomputer benötigen noch eine Rechnerinfrastruktur mit bewährter Steuerung, um die Ergebnisse zu kontrollieren oder Software und Daten aufzuspielen“, erläutert Martin Schulz, Mitglied des LRZ-Direktoriums. „Quantenchips finden daher jetzt den Weg aus den Laboren in die Hochleistungsrechenzentren der Welt.“ Dort werden sie in Supercomputer eingebaut, um Simulationen oder Optimierungsaufgaben durchzuführen, weil derzeit noch keine Quantencomputer-Hardware existiert. Quantum-as-a-Service überbrückt das Warten.

Das LRZ plant, einen Kryostaten, ein Kühlgerät für tiefste Temperaturen, anzuschaffen. Mit dem Startup IQM, Chiphersteller Infineon sowie Partnern aus der Forschung will das Rechenzentrum die Kinderkrankheiten von Quantenprozessoren angehen. Das größte Problem sind die Bewegungen der Qubits: Kälte stellt sie ruhig, trotzdem bleiben sie nur für Sekundenbruchteile stabil – und das macht sie schwer kontrollierbar. Mit jedem weiteren Qubit steigt die Fehlerquote, ein Grund, warum bislang nur Einheiten mit bis zu 50 Qubits zum Einsatz kommen.

Für zuverlässige Rechenkraft muss die Anzahl der Qubits erhöht werden, gleichzeitig sollte die Fehleranfälligkeit sinken. Die Arbeitsgruppe um IQM und das LRZ will die Technik von Quanten-Annealern – einfachen Quantenrechnern für spezielle Aufgaben, die bereits funktionieren – mit denen von universellen Quantencomputern kombinieren. „Der Ansatz des digital-analogen Quantencomputings oder DAQC ergänzt die Flexibilität von digitalen Schaltkreisen um die Robustheit analoger Rechenblöcke“, so Martin Schulz.

Bis 2025 werden in mehreren Schritten Prozessoren mit 5, 20 und 54 Qubits samt Steuerelektronik und Kontrollmechanismen entstehen. Ähnliche Ziele verfolgt das Walter-Meißner-Institut für Tieftemperaturforschung der BADW. Dort experimentiert man an supraleitenden Schaltkreisen und mit neuen Materialien. Beide Prozessortypen sollen sich bei Industriearbeiten und im SuperMUC-NG, dem Höchstleistungsrechner des LRZ, bewähren: „Rechenzentren müssen frühzeitig in neue Technologien

einsteigen, um deren Bedarf abzuschätzen und eigene Services zu entwickeln“, sagt Kranzlmüller. „Wir werden Prozessoren und Komponenten, die im Munich Quantum Valley entstehen, in unsere Hochleistungssysteme integrieren, ihre Arbeitsweise erforschen und mehr Services für die Forschung entwickeln.“

Quantum – ein Booster fürs Höchstleistungsrechnen?

Sind Hochleistungsrechner die Vehikel, um Quantencomputertechnik nutzbar zu machen, so kann diese umgekehrt für einen Quantensprung im Supercomputing sorgen. Die Forschungsgemeinde arbeitet am Ausbau der Rechenkraft von parallelen Systemen mit Grafikprozessoren. Diese erleichtern den Aufbau von Künstlicher Intelligenz und smarten Systemen und werden das Höchstleistungsrechnen auf Exascale-Leistungen hieven. „Quantencomputing könnte ein nächster Entwicklungsschritt für das Höchstleistungsrechnen werden“, sagt der Informatiker Schulz. „Wahrscheinlich wird es in Zukunft nicht mehr nur eine Computertechnologie für alle Bedürfnisse geben. Vielmehr wird das Zusammenspiel von Höchstleistungsrechnen, Künstlicher Intelligenz und Quantum für höhere Leistungen sorgen.“

Daraus entstehen viele Fragen: Welche Schnittstellen braucht der Systemwechsel? Wie arbeiten binäre mit Quanten-Systemen zusammen? Können Algorithmen aus dem Supercomputing angepasst werden? Auf der Suche nach Antworten arbeiten Unternehmen wie Intel, IBM oder Google mit Startups, Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammen. „Alle tauschen sich aus, das ist ein faszinierender Spirit“, beobachtet Laura Schulz. „Das LRZ Quantum Integration Centre erfährt in dieser Community, wie Technologie und Dienstleistungen verbessert werden können.“ Co-Design treibt das Super- und das Quantencomputing, um die rapide wachsenden Datenmengen in Wirtschaft und Forschung zu beherrschen. Das LRZ hat in solchen Kooperationen immer schon gute Erfahrungen gesammelt: Mit Partnern wie Intel, Lenovo und Megware entwickelte es energieeffiziente Computertechnik und Warmwasserkühlung,



„Sicher ist – wir werden bald wieder einen vergleichbaren Wissenssprung erleben.“

Blick auf den Rechnerwürfel des Leibniz-Rechenzentrums in Garching.

mit NVIDIA, ARM und Fujitsu optimiert es Grafikprozessoren und smarte Systeme.

Neues Denken, neues Programmieren

Quantum verändert das Denken, nicht nur in der IT. Das gewohnte binäre Wenn-Dann entwickelt sich zum Sowohl-als-auch. Mit der Hilfe von Supercomputern lassen sich Programme fürs Quantencomputing schreiben. Die Quantum Learning Machine von Atos ist dafür gedacht, Quantenalgorithmen zu entwickeln und sich – learning by doing – in die Abläufe dieser Technik einzudenken. „Wir stehen noch am Anfang dieser Technik“, so LRZ-Leiter Kranzlmüller,

„am Quantum Integration Centre lernen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Umgang damit.“ Seit 2019 bringt das Bavarian Quantum Computing eXchange (bqcx.de) einmal im Monat Enthusiasten aus aller Welt zusammen. Sie diskutieren und tauschen sich in Arbeitsgruppen aus. LRZ-Strategin Laura Schulz fühlt sich an die Anfangszeiten des HPC erinnert: „HPC hat in den letzten 30, 40 Jahren die Möglichkeiten für Forschung und Wissenschaft enorm erweitert“, sagt sie. „Das findet jetzt wieder statt: Quantencomputing verspricht Möglichkeiten, die wir heute noch nicht alle kennen. Aber sicher ist – wir werden bald wieder einen vergleichbaren Wissenssprung erleben.“

Text: vs