

Quantenturbo für Zahlenfresser

Kanadisches Start-Up-Unternehmen präsentiert weltweit ersten Quantenprozessor

Autor: Ralf Krauter
Erscheinungsdatum: 14. 2. 2007

Für die Verkündung einer Revolution in der Computertechnik war der Ort perfekt gewählt: Das vollbesetzte Auditorium des Museums für Computergeschichte im kalifornischen Mountain View, im Herzen des Silicon Valley gelegen. Dorthin hatte die kanadische Firma D-Wave-Systems am Dienstag zu einer Weltpremiere geladen: Zur Demonstration des ersten kommerziellen Quantenrechners. „Unser Durchbruch in der Quantentechnologie ist ein wichtiger Fortschritt bei der Lösung wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Probleme, die bislang nur schwer in den Griff zu bekommen waren“, erklärte D-Wave-Systems CEO Herb Martin.

Das Herzstück des Durchbruchs ist ein fingernagelgroßer Chip mit 16 kreisförmigen Stromschleifen aus dem Metall Niob. Von Dämpfen flüssigen Heliums gekühlt verlieren die Leiterschleifen ihren elektrischen Widerstand und werden supraleitend. Dabei treten Quantenphänomene auf, die die kanadischen Computer-Pioniere nutzen, um Rechenaufgaben, an denen sich konventionelle Zahlenfresser die Zähne ausbeißen, im Handumdrehen zu lösen. Große Datenbanken effizient durchforsten, die Eigenschaften komplexer Moleküle berechnen, komplizierte Optimierungsprobleme lösen – all das soll „Orion“, der Quantenprozessor aus British Columbia, deutlich flotter schaffen als heutige Computer. 2008 will D-Wave ein marktreifes Produkt liefern. Es wäre der Beginn einer neuen Ära, erklärt der Physiker und Firmengründer Geordie Rose: „Was wir hier entwickeln, hat das Potenzial, die bedeutendste Erfindung unserer Generation zu sein.“

Doch der experimentelle Aufwand ist enorm. Ein futuristisch anmutender Heliumkühler, der äußerlich problemlos als Strahlenkanone in einem Star-Wars-Film durchginge, kühlt den Quantenchip auf 5 Tausendstel Grad über dem absoluten Nullpunkt – verglichen damit, ist der interstellare Weltraum ein heißer Ort. Um die 16 supraleitenden Stromschleifen fehlerfrei ansteuern zu können, sind jedem der 128 Eingangskanäle gestaffelte elektronische Filter vorgeschaltet, die Störsignale eliminieren. Kein Wunder also, dass die Entwickler bei der ersten öffentlichen Demonstration lieber auf Nummer sicher gingen und den Prototyp ihres Quantenrechners im Labor in Vancouver stehen ließen. Der Zugriff aus dem kalifornischen Mountain View erfolgte über eine verschlüsselte Datenleitung und eine spezielle Software. Über die sollen bald auch schon die ersten Kunden den Quantenturbo aus Vancouver zuschalten können.

Der bestechende Vorzug eines Quantencomputers ist seine hochparallele Arbeitsweise. Während ein klassisches Bit – die Basiseinheit der digitalen Informationsverarbeitung - nur entweder den Wert Null oder den Wert Eins haben kann, darf ein so genanntes Quantenbit oder Qubit beide Werte zugleich annehmen.

Quantenmechanische Superposition heißt das Phänomen im Fachjargon – Schrödingers Katze lässt grüßen. Während ein PC mit 16 Bits nur einen von 64 000 binären Werten kodieren kann, kann ein Quantenrechner mit 16 Qubits deshalb all diese 64 000 Werte gleichzeitig verarbeiten. Und genau das macht der Kryo-Prozessor in Vancouver. Die Leiterschleifen auf dem Chip sind schachbrettartig angeordnet und bilden ein System aus 16 gekoppelten Qubits, die sich über ihre Magnetfelder gegenseitig beeinflussen. Für eine Berechnung werden die einzelnen Stromschleifen zunächst gezielt in einen ihrer beiden Zustände versetzt: Stromfluß gegen den Uhrzeigersinn bedeutet „0“, Stromfluß im Uhrzeigersinn „1“. Anschließend wird das Ensemble sich selbst überlassen und gewartet, bis das System gekoppelter Magnetnadeln seine Energie minimiert hat. Sobald dieser Grundzustand erreicht ist, liefert das Auslesen der Qubits die Antwort eines speziellen Optimierungsproblems. „Die derzeitigen Testrechnungen dauern eine Millisekunde und liefern in 90 Prozent der Fälle das korrekte Ergebnis“, erklärt D-Wave-Gründer und Technologie-Chef Geordie Rose.

Der Quanten-Chip aus Kanada ist prädestiniert, um das Verhalten quantenmechanischer Systeme zu simulieren – eine Aufgabenstellung, für die sich Nanotechnologen und Biologen interessieren. Denn mit klassischen Computern lassen sich die Energiezustände komplexer Moleküle nur näherungsweise berechnen. Bei Molekülen mit über 30 Elektronen ist die exakte Lösung der zugehörigen Schrödinger-Gleichung schlicht zu rechenintensiv. Mit verschränkten Qubits dagegen ließe sich die Zahl der Rechenschritte dramatisch reduzieren. Als kleinen Vorgeschmack auf die künftigen Möglichkeiten ließ D-Wave Systems seinen Quantenprozessor während der Präsentation eine Datenbank mit Tausenden von Molekülstrukturen durchsuchen. Das gewünschte Ergebnis lieferte der tiefgekühlte Chip allerdings auch nicht schneller als ein normaler Computer.

Doch das soll sich ändern. Bereits im kommenden Jahr will D-Wave Systems einen Quantenchip mit 1000 gekoppelten Qubits realisieren. Ein ambitioniertes Vorhaben, bei dem der kleinen Start-Up-Firma zugute kommen dürfte, dass sie bei der Prozessorentwicklung konsequent auf die verfügbare Halbleitertechnologie gesetzt hat: Ein entscheidender Unterschied zu den anderen Gruppen rund um den Globus, die ebenfalls an künftigen Quantenrechnern tüfteln. Alle konkurrierenden Ansätze erfordern die ultrapräzise Kontrolle und Manipulation einzelner Atome oder Moleküle - und damit eine technologische Sisyphosarbeit, die alle praktisch relevanten Anwendungen Jahrzehnte in die Ferne rückt. Rainer Blatt, einer der weltweit führenden Quantencomputer-Experten von der Universität Innsbruck, hält den Ansatz mit supraleitenden Qubits für ernst zu nehmend, bleibt aber skeptisch, ob die vollmundigen Versprechungen zu halten sein werden: „Inwieweit das wirklich skalierbar ist, ist noch nicht ganz klar.“

Um heutigen Supercomputern den Rang abzulaufen, wären nach Einschätzung von Experten mindestens einige hundert gekoppelte Qubits erforderlich. Zum Knacken von Geheimcodes – einem anderen theoretisch viel versprechenden Einsatzgebiet von Quantencomputern – viele zehntausend. Die 16 supraleitenden Stromschleifen des Quantenprozessors aus Vancouver als Beginn einer neuen Ära der Computertechnologie zu feiern, wäre deshalb verfrüht. Aber ein wichtiger Schritt auf dem langen Weg zu einem Quantencomputer, der diesen Namen wirklich verdient, sind sie zweifellos.