

Die neuen Super-Computer

Klassische Computer stoßen zusehends an ihre physikalischen Grenzen. Der nächste Entwicklungssprung steht bevor: der Quantencomputer. Was das eigentlich ist, erklärt Wolfgang Lechner von der Universität Innsbruck und dem Institut für Quantenoptik und Quanteninformation.

Von Daniel Feichtner

1

Ein Rechner wie kein anderer

Ein Quantencomputer ist ein Rechner, der Daten verarbeitet. Anstelle von Mechanik oder Elektronik benutzt er dazu quantenmechanische Effekte. Dabei spricht man von zwei Arten:



Quantensimulator

Wie die ersten Computer sind Quantensimulatoren **Rechenmaschinen**. Solche „speziellen Quantencomputer“ werden für eine **spezifische Aufgabe** entwickelt. Ihre Programme sind unveränderbar als Hardware gebaut – wie die Mechanik einer analogen Registrierkasse. In kleinem Umfang funktioniert das bereits.



Universeller Quantencomputer

Universelle Computer wie PCs besitzen **Hardware**, die **alle beliebigen Rechenoperationen** durchführen kann, und **Software**, die daraus etwas macht – von der E-Mail bis zum Computerspiel. Ein universeller Quantencomputer, der das beherrscht, ist noch in weiter Ferne.

2

Der kleine Unterschied

Revolutionär am Quantencomputer sind seine kleinsten Bestandteile, die Qubits. Mit ihnen kann man rechnen und Informationen speichern – auf Wegen, die mit Elektronik nicht möglich sind.

Ein klassischer Computer benutzt als kleinste Speichereinheit **Bits** – gewissermaßen Schalter, die auf 0 oder 1 gestellt werden. Mit ihnen speichert er **Daten** und führt **Rechenoperationen** aus.



Auch Quantencomputer haben Speicher: die **Qubits**. Und auch sie stellen 0 oder 1 dar – gesteuert durch **quantenmechanische Effekte**. Dabei kommt es zu Phänomenen, wie der **Superposition**, bei der ein Qubit zugleich 0 und 1 sein kann. Außerdem können Qubits **verschränkt** werden. Ändert sich ein Qubit, ändern sich auch alle damit „gekoppelten“. Dank solcher Effekte können **Rechenwege verkürzt** und **beschleunigt** werden.

3

Ein Problem, viele Lösungen

Ein Qubit kann jedes physikalische System sein, das zwei quantenmechanische Zustände besitzt, die man kontrolliert verändern kann. Unter anderem sind das:



IONEN

In Ionenfallen werden **einzelne Atome** eingefangen. Die Position ihres **äußersten Elektrons** kann verändert werden. Je nachdem, wo es sich befindet, entspricht es 0 oder 1.



SUPRALEITER

In Supraleitern – extrem gekühlten Schaltkreisen – dient die **Flussrichtung** des Stroms als **Informationsspeicher**.



PHOTON

Jedes Photon hat eine **Schwingung**. Schwingt es nach links, wird ihm ein Wert zugeordnet, schwingt es nach rechts, der andere.



Wolfgang Lechner leitet die Arbeitsgruppe für Quantenoptimierung in Innsbruck. Dort entwickeln er und sein Team Algorithmen, mit denen Aufgaben in Quantensimulatoren besonders effizient gelöst werden können.

UND MEHR

Welches die „besten“ Qubits sind, hängt nicht zuletzt davon ab, zu welcher Berechnung sie verwendet werden.

Pionierarbeit zum Quantencomputer stammt nicht zuletzt aus Innsbruck. Die ersten Ionenfallen wurden hier von den Quantenphysikern **Peter Zoller** und **Rainer Blatt** entwickelt.

4

Effizienz vor Geschwindigkeit

Quantencomputer sind noch im Hintertreffen. Bei spezifischen, rechenintensiven Aufgaben könnte sich das aber bald ändern – nicht weil sie schneller, sondern weil sie **effizienter** sind.

In den 1930ern konnte ein geübter Kopfrechner Aufgaben schneller lösen als ein Computer. Ähnlich sind Quantencomputer weit davon entfernt, digitale Rechner zu ersetzen. Doch **Geschwindigkeit ist nicht alles**, denn Quantensimulatoren **rechnen oft effizienter**.

Spezifische Probleme lösen sie beispielsweise in **1.000 Rechenschritten**, wo ein klassischer Computer 1.000.000 benötigt. Selbst wenn der Simulator **100-mal langsamer** rechnet, liefert er das Ergebnis also **zehnmal so schnell**.

Gerade bei sogenannten **Optimierungsproblemen**, die in nahezu allen Bereichen zu finden sind, kann es sein, dass Quantensimulatoren klassische Computer in wenigen Jahren überholen.

