volks-
hochschule
beider basel

18./19.11.2026

Wie funktioniert ein Quantencomputer?

Daniel Malz, Prof. Dr.

Zusammenfassung

Quantencomputer sind in aller Munde, oft verbunden mit grossen Versprechen. Der Vortrag erklärt ohne Formeln, was hinter dieser neuen Art des Rechnens steckt, was Quantencomputer können und was nicht.

Die Quantenphysik beschreibt unsere Welt im Kleinsten: den Aufbau der Atome, chemische Bindungen, die Eigenschaften von Materialien, Vorgänge in lebenden Zellen und sogar das Leuchten der Sonne. Ihre Regeln widersprechen unserer Alltagserfahrung. Energie gibt es nur in festen Portionen (Quantisierung). Ein Teilchen kann sich in mehreren Möglichkeiten zugleich befinden (Überlagerung), berühmt geworden durch Schrödingers Katze. Und Möglichkeiten können sich wie Wellen gegenseitig verstärken oder auslöschen (Interferenz). So seltsam sie auch erscheint klingt: Die Quantenphysik ist eine der am besten bestätigten Theorien überhaupt, und viele moderne Technologien wie zum Beispiel Computerchips, Laser oder die Magnetresonanztomographie beruhen auf ihr.

Ein Computer (oder «Rechner») ist eine Maschine, die Algorithmen ausführt, also genau festgelegte Abfolgen einfacher Schritte, wie wir sie von der schriftlichen Addition kennen. Computer arbeiten extrem schnell und praktisch fehlerfrei, was sie so nützlich macht. Aber trotzdem gibt es Fragestellungen, an denen sie scheitern, weil es keine ausreichend effizienten Algorithmen gibt. Beispiele sind viele Optimierungsprobleme, die Primfaktorzerlegung, oder das Simulieren von Quantensystemen wie Molekülen und Materialien.

Ein Quantencomputer nutzt Überlagerung und Interferenz als neue Rechenregeln und das ermöglicht neuartige Algorithmen. Entgegen einer verbreiteten Vorstellung probiert er nicht einfach alle Lösungen gleichzeitig aus. Geschickte Quantenalgorithmen lenken vielmehr die Interferenz so, dass am Ende die gesuchte Antwort herauskommt. Das gelingt nur für bestimmte Aufgaben, etwa die Primfaktorzerlegung oder die Simulation anderer Quantensysteme, aber nicht etwa für allgemeine Optimierungsprobleme.

Das Forschungsgebiet entwickelt sich rasant: Schon jetzt gibt es Prototypen mit Tausenden «Qubits», zum Beispiel basierend auf Gittern von Atomen, die im Vakuum mit Laserlicht festgehalten werden. Auch hier in Basel werden Quantentechnologien entwickelt, zum Beispiel als Teil der Nationalen Forschungsschwerpunkte NCCR Spin und NCCR Precision. Unsere eigene Forschung treibt die Entwicklung von Quantenalgorithm voran, die es eines Tages ermöglichen werden, mikroskopische Simulationen unserer Welt auszuführen, mit mögliche Anwendungen in Chemie, Materialwissenschaft und Medizin.

Literatur und Internetlinks

So funktioniert ein Quantencomputer, Quarks & co, https://www.quarks.de/technik/faq-so-funktioniert-ein-quantencomputer/

Scott Aaronson: Quantum Computing Since Democritus. Cambridge University Press (2013). Für alle, die tiefer einsteigen möchten.

NCCR SPIN (Quantencomputer mit Elektronenspins, Universität Basel): https://www.nccr-spin.ch

NCCR Precision (Quanten-Präzisionsmessung, ETH Zürich und Universität Basel): https://www.nccr-precision.ch

Kontakt

Prof. Dr. Daniel Malz, Universität Basel, daniel.malz@unibas.ch

Universität Basel