

Quantencomputer in a nutshell: Technologie, Anwendungen und Anlagepotential

Geschichte des Quantencomputers

Der Quantencomputer findet abseits der Spezialliteratur seit kurzer Zeit auch in den Medien breite Erwähnung, da es technologische Erfolge gab und einer breiteren Öffentlichkeit bewusst wird, dass der Quantencomputer bisher unlösbare Probleme zu lösen vermag. Die erste Erwähnung der Notwendigkeit der Entwicklung eines Quantencomputers wird allgemein auf den amerikanischen Nobelpreisträger Richard P. Feynman zurückgeführt, der 1982 auf die Notwendigkeit hinwies Naturphänomene mit Hilfe eines Quantencomputers zu simulieren. Nach rund 40 Jahren Forschung konnte erst 2019 ein Durchbruch bei einer Rechnung mit einem Quantencomputer verzeichnet werden. Google berichtete, dass mit einem Quantencomputer erstmals eine Rechnung wesentlich schneller als mit einem Supercomputer durchgeführt werden konnte.

Wie funktioniert ein Quantencomputer?

Worin liegt die Besonderheit und was sind die Voraussetzungen des Quantencomputers, um eine dramatische Erhöhung der Rechenzeit zu ermöglichen? Ganz generell kann man sagen, dass ein Quantencomputer bestimmte Eigenschaften der Quantenmechanik nutzt. Die Gesetze der Quantenmechanik selbst sind oftmals schwer zu vermitteln, da sie nicht intuitiv sind und unseren Alltagserwartungen zuwiderlaufen. Eines der wichtigsten Merkmale der Quantenwelt ist die Möglichkeit, dass ein Teilchen gleichzeitig zwei Zustände einnehmen kann oder auch gleichzeitig an zwei verschiedenen Orten vorhanden sein kann. Hieraus ergibt sich der entscheidende Vorteil des Quantencomputers, nämlich die Möglichkeit 2^n Zustände in einem Quantencomputer mit n Teilchen (den sogenannten Qubits) darzustellen. Solange sich ein Qubit im Zustand einer sogenannten **Überlagerung** zweier Zustände befindet (vergleichbar mit den beiden Seiten einer Münze, die in die Luft geworfen wird) kann man über quantenmechanische Einwirkung auf die Qubits statt mit n mit 2^n Teilchen rechnen. Die enorme Erhöhung der Rechengeschwindigkeit bedingt außer der Überlagerung noch das Zusammenwirken aller Qubits, ein Phänomen, welches mit dem Begriff **Verschränkung** bezeichnet wird. Sie entfaltet ihre Wirkung besonders beim Design von Quantenalgorithmen, eine der großen Herausforderungen bei der Entwicklung von Software für den Quantencomputer. Da der Zustand der Überlagerung schnell durch Umwelteinflüsse schnell zerstört werden kann (und dann keine Rechnung mehr möglich ist) bedienen sich die Physiker zur Gewinnung von Informationen einer weiteren physikalischen Eigenschaft, der **Interferenz**. Interferenz ist ein Phänomen bei dem sich zwei Wellen überlagern und entweder verstärken oder auslöschen können, je nachdem, ob sie in Phase oder gegenphasig sind. Im Quantencomputing können Qubits in Überlagerungszuständen ähnlich wie Wellen mit anderen Qubits interferieren und so zur Lösung von Problemen beitragen. Im Quantencomputer werden vergleichbar mit den logischen Gattern in klassischen Computern sogenannte Quantengatter benutzt. Die Schwierigkeit in der Entdeckung bzw. Entwicklung von Quantenalgorithmen für eine bestimmte Anwendung liegt u.a. darin, die Quantengatter so zu designen, dass Fehler minimiert werden und die Informationen möglichst schnell gewonnen werden können.

Aktueller Stand der verschiedenen Technologien des Quantencomputers

Worin liegen nun aber die technologischen Schwierigkeiten des Quantencomputers und warum hat die Entwicklung seit der erstmaligen Erwähnung vor rund 40 Jahren so lange gedauert? Das Hauptproblem liegt darin, dass Qubits im Überlagerungszustand nur eine sehr geringe Lebensdauer haben und sehr schnell dekohärieren (kollabieren). Um diese Umwelteinflüsse weitgehend auszuschalten, setzt die erste Generation der Quantencomputer (so auch Sycamore von Google) darauf, die Qubits mittels Supraleitung nahe dem absoluten Nullpunkt zu kühlen. Eine zweite Forschungsrichtung beschäftigt sich mit einer Technologie, die unter dem Namen Ionenfallen bekannt ist und besonders stark in der EU gefördert wird.

Anwendungsbereiche und potenzielle Märkte

Der Einsatz des Quantencomputers eignet sich insbesondere für diejenigen Gebiete, wo eine sehr hohe Rechenleistung gefragt ist. Dazu gehören beispielsweise Anwendungsbereiche in der Kryptografie, der Chemie, der Materialwissenschaften und auch der KI sowie der Finanzwirtschaft.

Markt und Anlagemöglichkeiten

Bisher sind nur drei größere Unternehmen börsennotiert: Rigetti, D-Wave und IonQ, es gibt aber allein 248 Start-Ups. Laut einer Umfrage von Hyperion Research Ende 2022 unter 145 Teilnehmern aus 18 Ländern sollten die Umsätze in 2022 US-Dollar 614 Mio. betragen haben. Es wird erwartet, dass sie bis 2025 mit einer Wachstumsrate von 25,3 % auf US-Dollar 1,2 Mrd. ansteigen werden. Trotz kritischer Stimmen von einigen Experten ist daher davon auszugehen, dass dieser Sektor an Attraktivität gewinnen wird.

