

IBM stellt Weichen für Entwicklung des weltweit ersten hochskalierenden, fehlertoleranten Quantencomputers in neuem IBM Quantum Data Center in Poughkeepsie, New York

- **IBM Quanten Roadmap, Prozessoren und Infrastruktur zeigen den Weg auf zu IBM Quantum Starling, den voraussichtlich ersten hochskalierenden, fehlertoleranten Quantencomputer**
- **Bahnbrechende Forschung definiert Schlüsselemente für eine effiziente fehlertolerante Architektur – und zeigt den ersten gangbaren Weg zu einem System auf, das voraussichtlich 20.000-mal mehr Operationen ausführen wird als heutige Quantencomputer.**
- **Um den Rechenstatus von IBM Starling darzustellen, wäre der Speicher von mehr als einer Oktillion (10^{48}) der leistungstärksten Supercomputer der Welt erforderlich.**



YORKTOWN HEIGHTS, NY – 10. Juni 2025 –IBM hat Pläne für die Entwicklung des weltweit ersten hochskalierenden, fehlertoleranten Quantencomputers vorgestellt - und damit die Voraussetzungen für ein praktikables und skalierbares Quantencomputing geschaffen.

IBM Quantum Starling soll bis 2029 verfügbar sein und in einem neuen IBM Quantum Data Center in Poughkeepsie (New York) gebaut werden. Er soll voraussichtlich 20.000-mal mehr Operationen ausführen können als heutige Quantencomputer. Um den Rechenstatus von IBM Starling darzustellen, wäre der Speicher von mehr als einer Oktillion (10^{48}) der leistungstärksten Supercomputer der Welt erforderlich. Mit Starling werden Nutzer in der Lage sein, die volle Komplexität und Reichhaltigkeit seiner Quantenzustände zu erforschen. Diese werden die limitierten Eigenschaften übertreffen, über die aktuelle Quantencomputer verfügen.

IBM betreibt bereits eine große, weltweite Flotte von Quantencomputern und veröffentlicht jetzt eine neue [Quantum Roadmap](#), welche die Pläne des Unternehmens für die Entwicklung eines leistungsfähigen, fehlertoleranten Quantencomputers skizziert.

„IBM beschreitet neue Wege im Quantencomputing“, sagte Arvind Krishna, Chairman und CEO von IBM. „Unsere Expertise in Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften ebnet den Weg für einen hochskalierenden, fehlertoleranten Quantencomputer – einen, der reale Herausforderungen lösen und enorme Geschäftsmöglichkeiten eröffnen wird.“

Ein hochskalierender, fehlertoleranter Quantencomputer mit Hunderten oder Tausenden logischen Qubits könnte Hunderte Millionen bis Milliarden Operationen ausführen, was zu Zeit- und Kosteneinsparungen in Bereichen wie der Arzneimittelentwicklung, Materialforschung, Chemie und Optimierung beitragen kann.

Starling wird in der Lage sein, auf die für derartige Herausforderungen erforderliche Rechenleistung zuzugreifen, indem er **100 Millionen Quantenoperationen mit 200 logischen Qubits** ausführt. Das wird die Grundlage für IBM Quantum Blue Jay sein: Dieser wird in der Lage sein wird, **1 Milliarde Quantenoperationen über 2.000 logische Qubits** auszuführen.

Ein logisches Qubit ist eine Einheit eines fehlerkorrigierten Quantencomputers, der die Aufgabe hat, Quanteninformationen im Umfang eines Qubits zu speichern. Es besteht aus mehreren physischen Qubits, die zusammenarbeiten, um diese Informationen zu speichern und sich gegenseitig auf Fehler hin zu überwachen.

Wie klassische Computer müssen auch Quantencomputer fehlerkorrigiert werden, um große Workloads fehlerfrei ausführen zu können. Dazu werden Cluster physischer Qubits verwendet, um eine kleinere Anzahl logischer Qubits mit geringeren Fehlerraten als die zugrunde liegenden physischen Qubits zu erstellen. Die Fehlerraten logischer Qubits sinken exponentiell mit der Größe des Clusters, sodass eine größere Anzahl von Operationen ausgeführt werden kann.

Von entscheidender Bedeutung für skalierbares Quantencomputing ist die Schaffung einer steigenden Anzahl logischer Qubits, die Quantenschaltkreise mit möglichst wenigen physischen Qubits ausführen können. Bis heute wurde kein klar definierter Weg zum Aufbau eines solchen fehlertoleranten Systems ohne übermäßigen Entwicklungsaufwand veröffentlicht.

Der Weg zu hochskalierenden fehlertoleranten Systemen

Die erfolgreiche Ausführung einer effizienten fehlertoleranten Architektur hängt von der Wahl des Fehlerkorrekturcodes ab und davon, wie das System konzipiert und erstellt wird, um die Skalierung dieses Codes zu ermöglichen.

Alternative und frühere Goldstandard-Fehlerkorrekturcodes stellen grundlegende technische Herausforderungen dar. Um eine Skalierung zu erreichen, wäre eine nicht ausführbare Anzahl physischer Qubits erforderlich, um genügend logische Qubits für die Durchführung komplexer Operationen zu erzeugen. Dies würde einen unverhältnismäßigen Mehraufwand an Infrastruktur und Steuerelektronik erfordern. Daher ist es unwahrscheinlich, dass sie über kleine Experimente und Systeme hinaus umgesetzt werden können.

Ein leistungsfähiger, hochskalierender und fehlertoleranter Quantencomputer erfordert eine Architektur, die:

- **fehlertolerant** ist, um genügend Fehler zu unterdrücken, damit nützliche Algorithmen erfolgreich sind.
- **logische Qubits** durch Berechnung vorbereiten und messen kann.
- **universelle Instruktionen** auf diese logischen Qubits anwenden kann.
- **Messungen aus logischen Qubits in Echtzeit dekodieren** und nachfolgende Anweisungen verändern kann.
- **modular** für die Skalierung auf Hunderte oder Tausende logischer Qubits ist, um komplexere Algorithmen auszuführen.
- **effizient** genug ist, um sinnvolle Algorithmen mit realistischen physischen Ressourcen, wie Energie und Infrastruktur, auszuführen.

Heute stellt IBM zudem zwei neue Fachbeiträge (Paper) vor, in denen detailliert beschrieben wird, wie das Unternehmen die oben genannten Kriterien erfüllen will, um den Aufbau einer hochskalierenden, fehlertoleranten Architektur zu ermöglichen.

Das [erste Paper](#) legt dar, wie ein solches System Anweisungen verarbeitet und Vorgänge mit qLDPC-Codes effektiv ausführt. Diese Arbeit baut auf einem wegweisenden Ansatz zur Fehlerkorrektur auf, der auf dem [Cover von Nature](#) stand, und der Quantencodes für die Paritätsprüfung mit geringer Dichte (qLDPC) vorstellte. Dieser Code reduziert die Anzahl der für die Fehlerkorrektur benötigten physischen Qubits erheblich und senkt im Vergleich zu anderen führenden Codes den erforderlichen Aufwand um etwa 90 Prozent. Darüber hinaus werden die Ressourcen benannt, die für die zuverlässige Ausführung hochskalierender Quantenprogramme erforderlich sind, um die Effizienz einer solchen Architektur gegenüber anderen zu belegen.

Das [zweite Paper](#) beschreibt, wie die Informationen aus den physischen Qubits effizient dekodiert werden können. Er weist einen Weg auf, wie Fehler mit herkömmlichen Computerressourcen in Echtzeit identifiziert und korrigiert werden können.

Von der Roadmap zur Realität

Die neue IBM Quantum Roadmap skizziert die wichtigsten technologischen Meilensteine, die die Kriterien für Fehlertoleranz darstellen und ausführen werden. Jeder neue Prozessor in der Roadmap befasst sich mit spezifischen Herausforderungen beim Aufbau modularer, skalierbarer und fehlerkorrigierter Quantensysteme:

- **IBM Quantum Loon**, geplant für das Jahr **2025**, ist zum Testen von Architekturkomponenten für den qLDPC-Code konzipiert, darunter „C-Koppler“, die Qubits über größere Entfernungen innerhalb desselben Chips verbinden.
- **IBM Quantum Kookaburra**, erwartet für **2026**, wird der erste modulare Prozessor von IBM sein, der zum Speichern und Verarbeiten verschlüsselter Informationen entwickelt wurde. Er wird Quantenspeicher mit logischen Operationen kombinieren – dem grundlegenden Baustein für die Skalierung fehlertoleranter Systeme über einen einzelnen Chip hinaus.
- **IBM Quantum Cockatoo**, für **2027** erwartet, wird zwei Kookaburra-Module mithilfe von „L-Kopplern“ miteinander verschränken. Diese Architektur wird Quantenchips - wie Nodes in einem größeren System - miteinander verbinden, wodurch der Bedarf zum Bau übermäßig großer Chips vermieden wird.

Zusammengenommen sollen diese Entwicklungsfortschritte im Jahr 2029 in IBM Quantum Starling gipfeln.

Mehr über den Weg von IBM zur Skalierung der Fehlertoleranz erfahren Sie [hier in unseren Blog](#). Im [aktuellen Video](#) sehen Sie

außerdem, was unsere IBM Quantum-Wissenschaftler dazu sagen.

Über IBM

IBM ist ein führendes Unternehmen im Bereich Hybrid Cloud, KI und Beratung. Wir helfen Kunden in über 175 Ländern, Erkenntnisse aus ihren Daten zu kommerzialisieren, Geschäftsprozesse zu optimieren, Kosten zu senken und an der Spitze ihrer Branche zu bleiben. Tausende von Regierungsbehörden und Unternehmen in kritischen Infrastrukturektoren wie Finanzdienstleistungen, Telekommunikation und Gesundheitswesen verlassen sich für eine schnelle, effiziente und sichere digitale Transformation auf die Hybrid-Cloud-Plattform von IBM und Red Hat OpenShift. IBMs bahnbrechende Innovationen in den Bereichen KI, Quantencomputing, branchenspezifische Cloud-Lösungen und Beratung eröffnen unseren Kunden offene und flexible Optionen. Gestützt wird das Ganze durch IBMs langjähriges Engagement für Vertrauen, Transparenz, Verantwortung, Inklusion und Service. Weitere Informationen finden sich unter www.ibm.com.

Medienkontakt

Erin Angelini, IBM Communications

Edlehr@us.ibm.com

Brittany Forgione, IBM Communications

Brittany.forgione@ibm.com

https://de.newsroom.ibm.com/2025_06_10-IBM-stellt-Weichen-fur-Entwicklung-des-weltweit-ersten-hochskalierenden,-fehlertoleranten-Quantencomputers