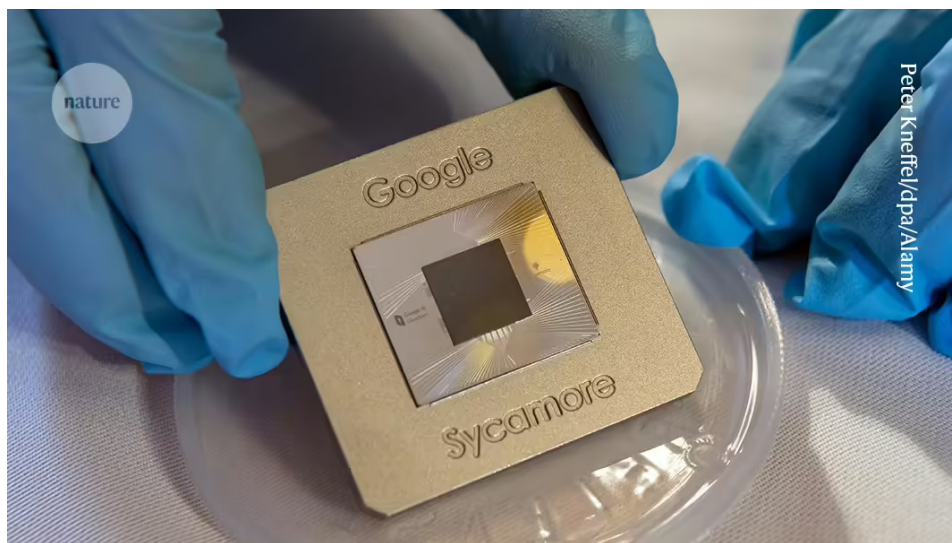


Google enthüllt, wie Quantencomputer moderne Supercomputer übertreffen können

Google hat herausgefunden, wie Quantencomputer unter bestimmten Bedingungen klassische Supercomputer übertreffen können, indem sie komplexe Aufgaben schneller lösen.



Seit die ersten Quantencomputer in den frühen 1980er Jahren konzipiert wurden, hoffen Forscher auf den Tag, an dem diese Geräte **Probleme lösen können, die für klassische Computer zu schwierig sind**. In den letzten fünf Jahren haben diese Maschinen tatsächlich begonnen, ihre klassischen Pendants herauszufordern – obwohl ein endgültiger Sieg über sie bisher schwer zu erreichen war.

In einem aktuellen Abschnitt des Kampfes um den so genannten ‚Quantenvorteil‘ geben Forscher von Google an, sie hätten die Bedingungen bestimmt, unter denen **Quantencomputer** ihre klassischen Kollegen übertreffen können. Um diese Bedingungen

zu verstehen, verwendeten sie einen Quantenprozessor namens Sycamore, um zufällige Schaltkreisproben (RCS) auszuführen, einen einfachen Quantenalgorithmus, der im Wesentlichen eine zufällige Folge von Werten erzeugt.

Das Team analysierte die Ausgaben von Sycamore und stellte fest, dass es in einem Modus mit starkem Rauschen, während es RCS ausführt, von klassischen Supercomputern „ausgetrickst“ oder geschlagen werden konnte. Verringerten sich die Störungen jedoch auf einen bestimmten Schwellenwert, wurde die Berechnung von Sycamore so komplex, dass das Ausführen eines Spoofs effektiv unmöglich war – Schätzungen zufolge würde es den schnellsten klassischen Supercomputer der Welt zehn Billionen Jahre kosten. Diese Erkenntnis wurde **zunächst in einem Preprint** auf dem arXiv-Server im vergangenen Jahr gemeldet und heute in Nature¹ veröffentlicht.

Quantenexperten betonen, dass dies einen überzeugenden Beweis dafür darstellt, dass Sycamore in der Lage ist, jeden klassischen Computer, der RCS ausführt, zu übertreffen. Im Jahr 2019 berichtete Google, dass sein Quantencomputer RCS ausführen und einen Quantenvorteil erreichen kann. Seither haben klassische Computer jedoch den Algorithmus schneller ausgeführt als geschätzt, was den angeblichen Vorteil zunichte machte. Michael Foss-Feig, ein Quantencomputing-Forscher bei der Softwarefirma Quantinuum in Broomfield, Colorado, erklärt: „Google hat bei der Klärung und Behebung vieler bekannter Probleme mit RCS hervorragende Arbeit geleistet.“ Die neuen Ergebnisse zeigen, wie viel Rauschen Quantencomputer haben können und dennoch klassische Computer schlagen können.

Der kontinuierliche Wettbewerb zwischen klassischen und Quantencomputern ist ein treibender Faktor in diesem Bereich, wie Chao-Yang Lu, ein Quantenphysiker an der Universität für Wissenschaft und Technologie in Shanghai, feststellt. Dieser Wettbewerb hat Forscher motiviert, größere und hochwertigere Quantencomputer zu bauen.

Das jüngste Ergebnis von Google bedeutet jedoch nicht, dass Quantencomputer klassische Computer ersetzen werden. So kann Sycamore beispielsweise keine typischen Operationen eines regulären Computers ausführen, wie das Speichern von Fotos oder das Versenden von E-Mails. Sergio Boixo, der Leiter von Googles Quantencomputing-Projekt in Santa Barbara, Kalifornien, erklärt: „Quantencomputer sind nicht schneller — sie sind anders.“ Sie sollen letztendlich klassisch unmögliche — und nützliche — Aufgaben erledigen, wie die exakte Simulation chemischer Reaktionen.

Der Sycamore-Prozessor sieht ähnlich aus wie die Siliziumchips, die alltägliche Laptops antreiben, ist jedoch speziell gefertigt, um die Elektronen, die durch ihn fließen, mit quantenmäßiger Präzision zu steuern. Um Temperaturschwankungen zu reduzieren, die die empfindlichen Zustände der Elektronen zerstören und Rauschen einführen würden, wird der Chip bei ultrakalten Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt gehalten.

Anstelle klassischer Bits (die immer entweder 0 oder 1 sind) verwendet der Quantenchip Qubits, die die Fähigkeit der Elektronen nutzen, sich in einer Mischung von Zuständen zu befinden. Ein Quantencomputer kann einige Aufgaben mit exponentiell weniger Qubits ausführen als die Bits, die ein klassischer Computer benötigen würde. Zum Beispiel benötigt ein klassischer Computer für die Ausführung des RCS-Algorithmus 1.024 Bits, während ein Quantencomputer nur 10 Qubits benötigt.

Vor fünf Jahren berichtete ein Team von Google-Forschern in Nature², dass ein klassischer Supercomputer 10.000 Jahre benötigen würde, um einen 200-sekündigen RCS-Lauf auf ihrem 53-Qubit-Computer nachzustellen. Fast sofort geriet die Behauptung in die Kritik; Forscher des Technologiegiganten IBM veröffentlichten einen Preprint online³, der nahelegte, dass ein Supercomputer die Aufgabe tatsächlich in wenigen Tagen abschließen könnte. Im Juni nutzen Lu und seine Kollegen

leistungsstarke klassische Computer, um das Ergebnis in etwas über einer Minute zu fälschen⁴.

Das Ergebnis von Google aus dem Jahr 2019 ist nicht das einzige, das von klassischen Fälschungen betroffen war. Im Juni 2023 berichteten IBM-Forscher und andere von Beweisen⁵, dass ihr 127-Qubit-Computer **möglicherweise nützliche mathematische Probleme lösen könnte**, die „über brutale klassische Berechnungen hinausgehen“. Innerhalb weniger Wochen zeigten mehrere Studien^{6,7}, dass klassische Ansätze weiterhin konkurrieren konnten.

Boixo und seine Kollegen wollten verstehen, wie Rauschen Quantencomputer anfällig für klassische Fälschungen macht. Sie fanden heraus, dass selbst winzige Unterschiede in der Qubit-Fehlerquote — von 99,4% Fehlerfreiheit auf 99,7% — dazu führen, dass Sycamore sich verhält, als ob es sich in einem neuen Zustand befindet, ähnlich wie Materie von fest zu flüssig wechselt.

„Was [das Rauschen] bewirkt, ist, dass es das System in etwas Klassisches verwandelt“, sagt Boixo. Sobald eine aktualisierte Version von Sycamore mit 67 Qubits einen bestimmten Rauschschwellenwert überschritt, wurde ihre RCS-Ausgabe klassisch unmöglich zu simulieren.

In den letzten zwei Jahren konzentrierten sich die Versuche, klassische Supercomputer zu übertreffen, ebenfalls auf die Reduzierung von Qubit-Rauschen. Foss-Feig und seine Kollegen führten RCS auf einem Quantencomputer mit 56 Qubits mit niedriger Fehlerquote⁸ durch. Mit besseren Qubits, so sagt er, „können klassische Computer zumindest für RCS nicht mehr mit Quantencomputern mithalten“.

Eines Tages hoffen die Forscher, dass Quantencomputer groß genug und fehlerfrei genug sein werden, um über den Konflikt zwischen Quanten- und klassischen Computern hinauszukommen. Für den Moment geben sie sich mit dem

Kampf zufrieden. „Wenn Sie mit RCS, der einfachsten der Anwendungen, keinen Vorteil gewinnen können“, sagt Boixo, „glaube ich nicht, dass Sie in irgendeiner anderen Anwendung gewinnen können“.

1. Morvan, A. et al. Nature 634, 328–333 (2024).

Artikel Google Scholar

2. Arute, F. et al. Nature 574, 505–510 (2019).

Artikel PubMed Google Scholar

3. Pednault, E., Gunnels, J. A., Nannicini, G., Horesh, L. & Wisnieff, R. Preprint bei arXiv
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.09534> (2019).
4. Zhao, X.-H. et al. Preprint bei arXiv
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.18889> (2024).
5. Kim, Y. et al. Nature 618, 500–505 (2023).

Artikel PubMed Google Scholar

6. Tindall, J. et al. Preprint bei arXiv
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.14887> (2023).
7. Begušić, T. & Kin-Lic Chan, G. Preprint bei arXiv
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.16372> (2023).
8. DeCross, M. et al. Preprint bei arXiv
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.02501> (2024).

Referenzen herunterladen

Besuchen Sie uns auf: natur.wiki