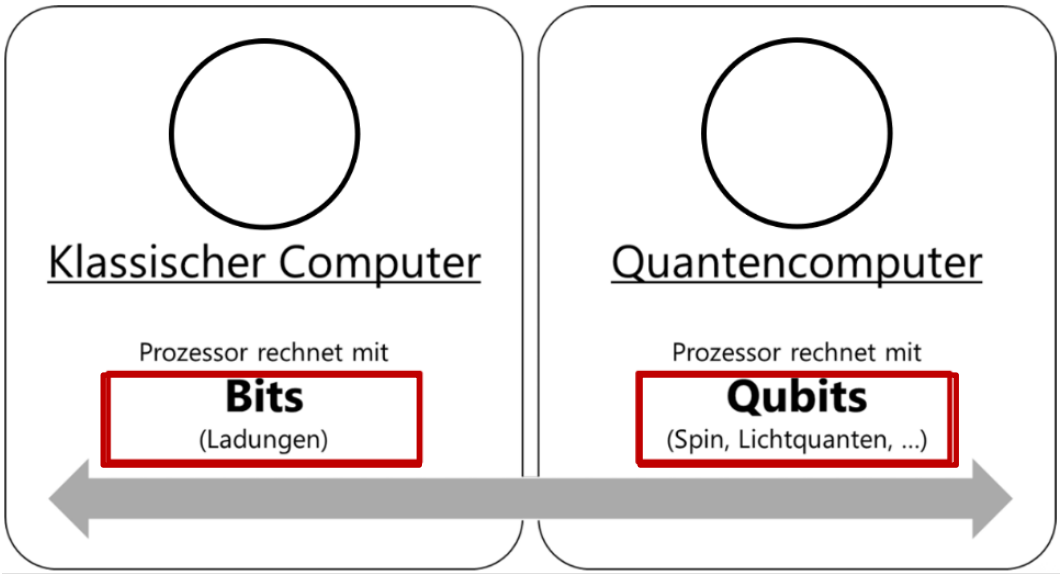
Wie funktionieren Quantencomputer?



Quantenüberlegenheit
= Überlegenheit von Quantencomputern gegenüber klassischen Computern bei der Berechnung und Lösung von komplexen Problemen (z. B. Googles Quantencomputer Sycamore 2019).

Konkret unterscheidet sich das Grundprinzip von Quantencomputern von dem klassischer Computer in folgenden drei Punkten:

Informationsträger

Klassischer Computer	Quantencomputer
Klassische Computer arbeiten nur mit Nullen und Einsen, s. g. **Bits**. Ein Bit an Information entspricht einer Entscheidung zwischen den beiden Möglichkeiten „0“ oder „1“.	Quantencomputer arbeiten mit **Qubits**. Das besondere an Qubits ist die Tatsache, dass sie nicht nur im Zustand 0 oder 1 sein können – sie können sich auch in einem **Superpositionszustand** aus beiden Zuständen befinden. Ein Elektron in einem äußeren Magnetfeld eignet sich durch seinen Spin z. B prinzipiell dazu, als Qubit in einem Quantencomputer zu fungieren.

▶ **Wesenszug Superposition**
Durch das Superpositionsprinzip befindet sich ein einzelnes Qubit „gleichzeitig“ in den Zuständen 0 **und** 1.

by Carsten Albert (2026), lizensiert unter CC BY-NC-SA 4.0

Berechnungen („Quantenparallelismus“)

Lass dir von einem Experten erläutern, worin sich Berechnungen bei Quantencomputern im Vergleich zu klassischen Computern unterscheiden.

Notiere dir wesentliche Punkte und insbesondere die beiden dafür verantwortlichen Wesenszüge.

Klassischer Computer:

Berechnungen bei klassischen Computern werden ☐ gleichzeitig ☒ nacheinander ausgeführt.

Quantencomputer:

Berechnungen bei Quantencomputern werden ☒ gleichzeitig ☐ nacheinander ausgeführt.

Dieses Phänomen nennt man **Quantenparallelismus**

Voraussetzung für das exponentielle Anwachsen der Rechenleistung bei der Zugabe von Qubits ist es, dass die Qubits miteinander **verschränkt** sind.

Begründung anhand der Wesenszüge:

- **1. Wesenszug: Superposition**

  Durch das Superpositionsprinzip können Quantencomputer immer mehrere Rechnungen gleichzeitig ausführen.

- **2. Wesenszug: Verschränkung**

  Durch die Verschränkung von Qubits wächst die Anzahl von gleichzeitig möglichen Berechnungen exponentiell an.

Auslesbarkeit der Rechenergebnisse

Lass dir von einem Experten erläutern, worin sich die Auslesbarkeit von Rechenergebnissen bei Quantencomputern im Vergleich zu klassischen Computern unterscheiden.

Notiere dir wesentliche Punkte und insbesondere die beiden dafür verantwortlichen Wesenszüge.

Klassischer Computer:

Rechenergebnisse bei klassischen Computern lassen sich auslesen.

☒ auch zwischendurch
☐ nur ganz zum Schluss

Das ausgegebene Endergebnis ist dabei das Ergebnis der Berechnung.

☒ auf jeden Fall
☐ nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit

Quantencomputer:

Rechenergebnisse bei Quantencomputern lassen sich auslesen.

☐ auch zwischendurch
☒ nur ganz zum Schluss

Das ausgegebene Endergebnis ist dabei das Ergebnis der Berechnung.

☐ auf jeden Fall
☒ nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit

Diese Tatsache muss man in den Ablauf der Rechnung (Algorithmus) einbeziehen und dieselbe Rechnung mehrfach (sehr oft) **wiederholen**.

Begründung anhand der Wesenszüge:

- **1. Wesenszug: Messprozess**

  Durch den Messprozess erhält man beim Auslesen von Rechenergebnissen immer nur ein Ergebnis, alle anderen Ergebnisse sind unwiderruflich verloren.

- **2. Wesenszug: statistischer Charakter**

  Man kann Rechnungen so gestalten, dass die Wahrscheinlichkeit für das gewünschte Ergebnis möglichst groß wird. Der statistische Charakter der Quantenphysik erlaubt es, mit großer Sicherheit das gewünschte Ergebnis zu erhalten, wenn man die Rechnung oft durchführt.

Mögliche Einsatzgebiete von Quantencomputern

1. **Simulation der Wirkweise medizinischer Wirkstoffe**
2. **Berechnungen zur Optimierung / KI**
3. **Primfaktorzerlegung**

   → ***als „Co-Rechner“***

Herausforderung in der technischen Realisierung

Ein Hauptproblem:

Fehleranfälligkeit aufgrund **Dekohärenz**