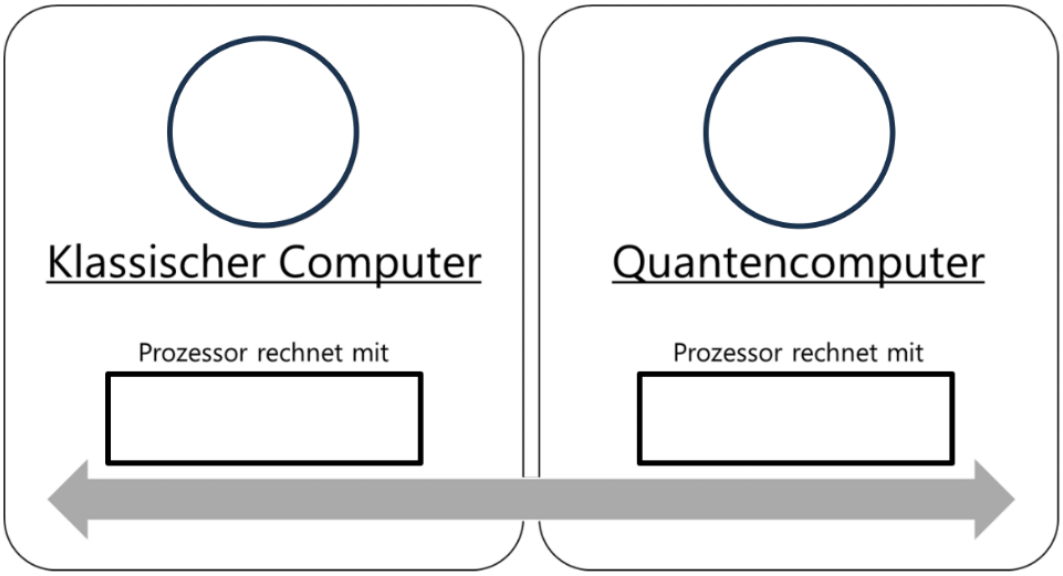
Wie funktionieren Quantencomputer?



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“)

Klassischer Computer	Quantencomputer
Die Bits im Computer befinden sich einzeln jeweils immer in genau **einem Zustand**, d. h. sie besitzen genau einen Wert. Führt man eine Berechnung durch, ändern sich die Werte der Bits – das ist das Rechenergebnis. Klassische Computer arbeiten einzelne Berechnungen **nacheinander** ab, d. h. sie arbeiten „**seriell**“. *Ergänzung:* *Die meisten Prozessoren besitzen mittlerweile mehrere Prozessorkerne, die dadurch Berechnungen auch gleichzeitig („parallel“) durchführen können – jeder Kern für sich arbeitet aber wieder seriell.*	Mithilfe der **Verschränkung** kann man mehrere Qubits **kombinieren**. Mit jedem neuen Qubit **verdoppelt** sich die Anzahl an Zuständen, die sich in der Superposition befinden. Ein Qubit besitzt zwei mögliche Zustände, zwei verschränkte Qubits bereits vier. Drei Qubits acht, usw. n Qubits befinden sich in einer Superposition aus 2^n Zuständen. Die verschränkten Qubits bilden also einen großen **Gesamtzustand**, der aus sehr vielen (genauer: 2^n) superponierten Zuständen besteht. Qubits befinden sich also in einer Superposition aus allen möglichen Zuständen gleichzeitig. Führt man nun eine Berechnung durch, dann wird diese Rechnung an allen möglichen Kombinationen von Zuständen gleichzeitig durchgeführt. Das heißt, es werden bei einer einzigen Rechenoperation zahlreiche (genauer: 2^n) Rechnungen gleichzeitig durchgeführt (**„Quantenparallelismus“**).

- **Wesenszug Superposition**
  Durch das Superpositionsprinzip können Quantencomputer immer **mehrere Rechnungen gleichzeitig** ausführen.
- **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) _____.

Begründung anhand der Wesenszüge:

- **1. Wesenszug:**

- **2. Wesenszug:**

Mögliche Einsatzgebiete von Quantencomputern

- _____
- _____
- _____

→

Herausforderung in der technischen Realisierung

Ein Hauptproblem:

Fehleranfälligkeit aufgrund _____.