

QU:EXPLAINED

**QUANTENTECHNOLOGIEN FÜR
SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER**



QUANTENCOMPUTER

Der größte Unterschied zwischen einem klassischen PC und einem Quantencomputer liegt in der Art und Weise der Datenverarbeitung.

In Quantencomputern werden Daten mit Quantenbits, denen charakteristisch verschiedene quantenmechanische Eigenschaften zugrunde liegen, verarbeitet.

QUBITS

Quantencomputer führen Rechenoperationen unter anderem mit kleinsten Teilchen wie z. B. Ionen oder Photonen aus und nutzen dabei die quantenmechanischen Eigenschaften dieser Teilchen, die im Kontext des Quantencomputersystems als Quantenbits (kurz: Qubits) bezeichnet werden.

QUANTENMECHANISCHE EIGENSCHAFTEN VON QUBITS

SUPERPOSITION

Von einer Superposition spricht man in der Quantenmechanik, wenn sich Quanten, in unserem Fall die Quantenbits, im Zustand $|0\rangle$ und $|1\rangle$ anteilig zur selben Zeit befinden. Deswegen können auch beide Anteilswerte gleichzeitig in einem Rechenschritt verarbeitet werden.

BEOBACHTEREFFEKT

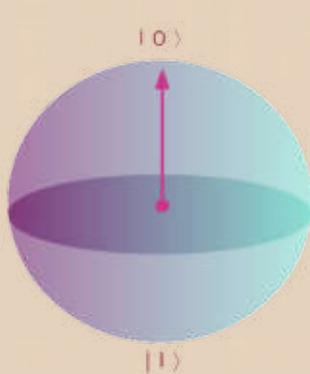
Bei der Messung eines Qubits in der Superposition zerfällt der Superpositionszustand und das Qubit nimmt dabei zufällig mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit zu jeweils 50% den Zustand $|0\rangle$ oder den Zustand $|1\rangle$ an.

VERSCHRÄNKUNG

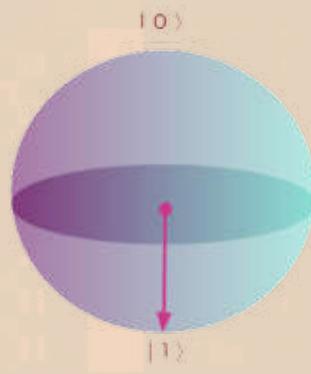
Die Quantenverschränkung beschreibt ein in sich geschlossenes und abhängig voneinander wirkendes System, bestehend aus mindestens zwei verbundenen Qubits. Ändert sich der Zustand eines Qubits, wechselt augenblicklich der Zustand, des mit ihm verschränkten Qubits und das über theoretisch beliebig große Distanzen hinweg.

BLOCH-KUGEL

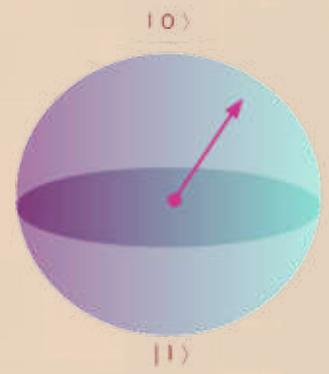
Mit der Bloch-Kugel als mathematisches Modell lassen sich alle möglichen Zustände eines Qubits mithilfe eines Pfeils, dem sogenannten Bloch-Vektor, darstellen.



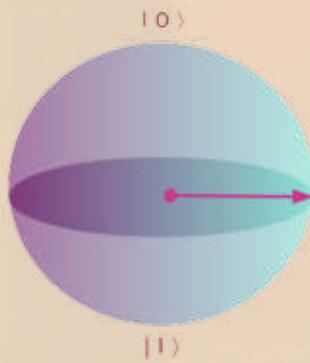
Zeigt der Vektor von der Basis aus senkrecht nach oben zum Nordpol, befindet sich das Qubit im Grundzustand $|0\rangle$.



Weist der Vektor von der Basis aus senkrecht nach unten zum Südpol, befindet sich das Qubit im Zustand $|1\rangle$.



Wird der Bloch-Vektor zwischen $|0\rangle$ und $|1\rangle$ verortet, so befindet sich das Qubit in einer Superposition.



Zeigt der Vektor auf einem Punkt auf dem Äquator der Bloch-Kugel, so ist die Superposition gleichgewichtet, in den Zuständen $|0\rangle$ und $|1\rangle$ zu jeweils 50%.

MESSUNGEN

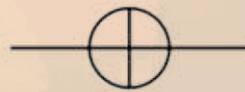
Bei der Messung eines Qubits in der Superposition liegt die Wahrscheinlichkeit, dass das Qubit in den Zustand $|0\rangle$ oder $|1\rangle$ fällt bei jeweils 50%, wie bei einem Münzwurf: Kopf oder Zahl, da auch die Münze nur zwei mögliche Werte nach einem Wurf annehmen kann.

Eine Messung liefert nur einen einzigen konkreten Wert. Wenn man genau herausfinden möchte, wie die Superposition ausgesehen hat, also wo der Vektor auf der Kugeloberfläche verortet war, so müssen Messungen sehr oft wiederholt werden, um die Anteilswerte der Überlagerung von $|0\rangle$ oder $|1\rangle$ bestimmen zu können.



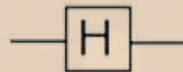
QUANTENGATTER

NOT-GATTER



Invertiert den Eingangszustand eines Qubits. Ist das Qubit im Zustand $|0\rangle$, ist der Ausgangszustand mit dem NOT-Gatter auf $|1\rangle$ und umgekehrt.

HADAMARD-GATTER



Mit dem Hadamard-Gatter kann ein Qubit in den Superpositionszustand gebracht werden.

CNOT-GATTER



Führt ein NOT auf dem Zielqubit aus, wenn sich das Steuerqubit im Zustand $|1\rangle$ befindet. Zusammen mit dem H-Gatter kann mit dem CNOT-Gatter eine Verschränkung realisiert werden.



QU:EXPLAINED

QUANTENTECHNOLOGIEN FÜR SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER

QuExplained ist ein Verbundprojekt zwischen der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin und der Technischen Universität Berlin. Ziel des Projekts ist es, Schülerinnen & Schüler ab Klasse 10 an das Thema Quantencomputer heranzuführen und zu begeistern.

Das Projekt fand im Zeitraum vom 01.04.2021 - 28.02.2022 statt und wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderprogramms *Quantentechnologien - von den Grundlagen zum Markt* unterstützt.

