

Quantum Computing: Evaluierung von Algorithmen für den Einsatz in Datenbanken und Machine Learning

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, zu zeigen, wie der Grover-Algorithmus funktioniert, warum dieser Quantensuchalgorithmus schneller sein kann als der klassische Suchalgorithmus, und dessen Implementation. Die Grundidee des Grover-Algorithmus besteht darin, einen markierten Zustand zu ermitteln, indem die Amplitude des Zustands erhöht wird. Mit wenigen Quantengattern können Quantenschaltungen erstellt werden, die eine vollständige Grover-Suche durchführen, die sowohl die Aufgabe des Orakels als auch die Verstärkung des Zielzustandes beinhaltet. Damit kann das Erfüllbarkeitsproblem der Aussagenlogik (SAT) und das Suchproblem in einer Datenbank gelöst werden. Die vorliegende Arbeit zeigt, wie man Quantenschaltungen auf einem niedrigen Abstraktionsniveau mit Quantengattern und auf einem hohen Abstraktionsniveau mit einer Python-Implementierung unter Verwendung des IBM Qiskit-Frameworks konstruiert, um den Grover-Algorithmus auf einem echten Quantencomputer auszuführen.

In der ersten Implementierung wird ein Ansatz für einen SAT-Solver auf dem Quantencomputer `ibmq_melbourne` von IBM aufgezeigt. Auf dem Simulator kann zurzeit mit bis zu 30 Qubits gerechnet werden, was eine Limite von zehn Variablen und zehn Gleichungen zur Folge hat. Die Ausführung des SAT-Solvers auf einem echten Quantencomputer erfolgt mit bis zu zwei Variablen und zwei Gleichungen.

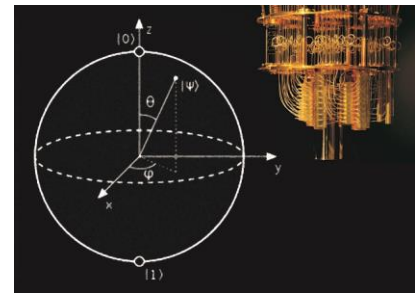
In der zweiten Implementierung, ebenfalls mit `ibmq_melbourne`, wird ein 2-, 3- und 4-Qubit Grover-Algorithmus für die Datenbanksuche präsentiert. Dabei stimmen die Ergebnisse des Simulators mit den theoretisch optimalen Ergebnissen überein. Auf dem echten Quantencomputer kann derzeit mit bis zu 3 Qubits gerechnet werden. In der dritten Implementierung wird ein einfacher Quantum Support Vector Machine (QSVM)-Algorithmus aufgezeigt. Da der Klassifikationsalgorithmus mehr Qubits benötigt, als der Quantencomputer von IBM derzeit verarbeiten kann, läuft er nur auf dem Simulator korrekt.

Werden Simulationsergebnisse mit den Ausführungsergebnissen von `ibmq_melbourne` verglichen, so lässt sich feststellen, dass bei zunehmender Komplexität der Schaltungen der öffentlich zugängliche Quantencomputer noch eine zu grosse Fehlerrate besitzt. Somit liefern die Ausführung des Grover-Algorithmus mit 4 Qubit sowie der QSVM-Algorithmus keine korrekten Ergebnisse.

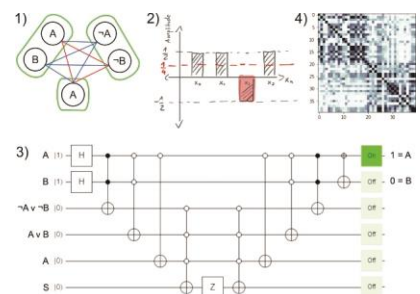


Diplomand
Alexandros Soultanis

Dozierende
Rudolf Marcel Fuchslin
Kurt Stockinger



Auf der linken Seite wird ein Qubit mithilfe einer Bloch-Kugel grafisch dargestellt. Auf der rechten Seite befindet sich ein Quantencomputer.



Bei 1) ist ein SAT-Problem grafisch dargestellt. Um den Lösungsweg (in rot) zu erhalten, wird ein Orakel verwendet, dessen Amplitudendiagramm in 2) und Schaltplan in 3) dargestellt ist. 4) zeigt eine QSVM-Trainings-Matrix.