AutomatiQ

Automated quantum computing with variational algorithms

Programm / Ausschreibung	Quantenforschung (QFTE), Quantenforschung und -technologie (QFTE), QFTE 2018 national	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.01.2019	**Projektende**	31.12.2021
Zeitraum	2019 - 2021	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	Quantum computing, error correction, machine learning		

Projektbeschreibung

Quantencomputer versprechen einige Probleme effizienter als existierende Supercomputer lösen zu können. Die entsprechenden Marktanwendungen reichen von Prospektion, über das Lösung von Logistikproblemen bis hin zu Materialentwicklung, z.B. neuartigen Batterien.
In Quantencomputern wird Information in Quantenobjekten, sogenannten Qubits, gespeichert und manipuliert. Zurzeit existieren mehrere physikalische Plattformen, auf die ein zukünftiger Quantencomputer aufbauen könnte, Jedoch sind alle aktuelle Quantenoperationen fehleranfällig, was eines der größten Hindernisse auf dem Weg zu einem großen Quantencomputer darstellt. Die Auswirkung dieser Fehler auf das Ergebnis kann mithilfe von Methoden zur Quantenfehlerkorrektur reduziert werden. Dabei wird jedes einzelne Qubit redundant in mehrere physikalische Qubits gespeichert. Diese Methode hat einen hohen Preis: Es wird angenommen, dass über hundert physikalische Qubits verwendet werden müssen, um ein einzelnes logisches Qubit zu speichern. Es ist daher notwendig, Methoden zu entwickeln, die weniger physikalischen Qubits pro logischem Qubits bei gleichbleibender Fehlertoleranz benötigen.
Im Laufe des letzten Jahrzehntes wurden mehrere Methoden zur Quantenfehlerkorrektur vorgestellt. Diese Methoden verlassen sich darauf, dass die Fehler einem vorher bekannten und unveränderlichen Modell gehorchen. So ein Modell kann notwendigerweise nur eine Näherung der Realität sein. In diesem Projekt, werden wir adaptive Methoden entwickeln, die die Fehlerkorrektur automatisch den aktuellen Fehlerprozessen anpassen und somit effizientere Fehlerkorrektur ermöglichen. Dieses Vorhaben beruht auf einem Variationsansalgorithmus, der entwickelt wurde, um Probleme in der Quantenchemie zu lösen. Dabei verfolgen wir den Ansatz, diesen adaptiven Algorithmus mit optimalen Messmethoden aus der Metrologie zu kombinieren, um eine möglichst genaue Fehlererkennung zu ermöglichen.
Das Ziel dieses Projekts ist es, eine adaptive Methode zur Fehlerkorrektur zu erforschen, die sich dem vorhandenen Fehlerprozessen automatisiert anpasst. Die Methode soll in einem Ionenfallenexperiment mit einer Verfügbarkeit von über 99% implementiert werden. Um die Verfügbarkeit des existierenden experimentellen Aufbaus zu verbessern, ist eine teilweise Neuentwicklung der Experimentkontrolle notwendig.

Abstract

Quantum computers promise to solve certain problems much faster than their best classical counterparts. In these systems,

the quantum information is stored in individual quantum objects called qubits.
While scalable hardware platforms exist, noise from the environment or control fields represents one of the main road-blocks for large-scale quantum computation. The effect of noise on the performance of quantum algorithms can be mitigated employing quantum error correction. These error correction protocols use redundant encoding of the quantum information to form logical qubits using multiple physical qubits as a resource. The required resource overhead depends on the respective protocols and their efficient implementation. Protocols that are currently investigated make use of stabilizer operations to determine the error syndrome, which then allows for an error correction. All these protocols assume predefined error models, which may result in unnecessary overhead and complexity of the respective algorithms.
We propose to develop hybrid quantum-classical optimization methods to automatically recognize and adapt the operation of error correction procedures in an ion-trap based quantum computer in the presence of noise. For this, we will adapt variational quantum algorithms to accurately detect error syndromes in error correcting codes. We will connect the task of estimating the error syndromes to the problem of precision metrology in many-body quantum systems, which is centered around optimal estimation of unknown physical quantities.
The goal of the presented work is to implement automatically optimized quantum error correction routines in a quantum computer operating with more than 99% availability without human intervention. Transforming the current experimental setup into a high availability system will require a re-design of several electronic and optical components.

Projektkoordinator

- Universität Innsbruck Institut für Experimentalphysik

Projektpartner

- Alpine Quantum Technologies GmbH