ASQ

Automated Solution Path for Quantum Computing

Programm / Ausschreibung	Quantum Austria, Quantum Austria 1. Ausschreibung (2022)	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.04.2023	**Projektende**	30.09.2025
Zeitraum	2023 - 2025	**Projektlaufzeit**	30 Monate
Keywords	Quantum computing, Quantum optimization, Automation, Solution path, optimization problems		

Projektbeschreibung

Quantencomputer werden eine neue Epoche im Informationszeitalter einleiten, in dem Rechenleistung, die derzeit nur Rechenzentren vorbehalten ist, allgemein zugänglich wird. Die ersten Anwendungen, bei denen diese Transformation vollzogen werden wird, sind Optimierungsprobleme. Diese Klasse von Problemen ist von großer Bedeutung in allen Sektoren von Wissenschaft, Industrie, Finanzsektor bis hin Logistik, um nur einige zu nennen. Sie zeichnen sich allerdings auch dadurch aus, dass die Komplexität mit der Systemgröße exponentiell steigt, und damit selbst für derzeitige Hochleistungsrechner nicht mehr lösbar sind.
Quantenalgorithmen zu finden, die Optimierungsprobleme auf Quantencomputer lösen, ist derzeit ein Problem, welches mit viel Entwicklungsarbeit verbunden ist. Ein Unternehmen, das einen Use-case auf einem Quantencomputer lösen oder zumindest evaluieren möchte, benötigt daher entweder interne Experten, oder externes Consulting. Dieser Kostenaufwand führt zu einem Bottleneck im Quanten-Ökosystem und stellt eine große Hürde zur Integration von Quantum Computing in den täglichen Workflow von End-Usern dar.
Ziel des Projektes ist es, die Entwicklung von Quantenalgorithmen selbst zu automatisieren. Es werden Methoden und eine Software-Infrastruktur entwickelt, die es erlaubt, ein mathematisches Problem mit dem effizientesten Algorithmus und geeigneter Hardware auf einem Quantencomputer zu lösen. Eine fundamental neue Herangehensweise ist dabei, dass die Lösung agnostisch gegenüber Algorithmus, Methode und Hardware ist. So wird nicht nur der optimale Algorithmus für eine bestimmte Hardware, sondern auch die optimale Hardware gefunden. Diesen agnostischen Zugang bezeichnen wir als Lösungspfad.
Das Bestreben des Projektes ist es, eine Methode zur automatisierten Klassifikation von mathematischen Problemen und deren dazugehörigen optimalen Quantenalgorithmen zu entwickeln. Weiters werden fundamentale algorithmische Bausteine identifiziert, die für die jeweiligen Probleme am effizientesten sind. Die dritte Komponente besteht daraus, die optimale Hardware zu finden. Hierzu vergleichen wir mit der Theorie von Optimaler Steuerung die Implementierung von Quantenoperationen mit Ionen, Atomen und Supraleitenden Schaltkreisen. Langfristig können die Methoden dazu genutzt werden um Quantencomputer zu zertifizieren, fair zu vergleichen und zu benchmarken. Im Erfolgsfall ist dies ist von großer globaler Relevanz, die weit über das eigentliche Ziel des Projektes hinausgeht.

Abstract

Quantum Computers will enable a new phase of the information age, where computational power beyond that of high-performance computing centers will be available to the general public. The first application will be optimization problems, a class of problems that is relevant in many sectors, ranging from research, industry, finance to logistics, to name a few. However, the complexity of these problems increases exponentially with system size and are thus hard to solve even on state-of-the-art high-performance computers.
Quantum computers have the capability to solve these problems more efficiently, however, finding quantum algorithms for the specific use-cases still requires development and research. A company that wants to solve a use-case on a quantum device either needs internal experts or external consulting. These considerable costs are a bottleneck in the quantum ecosystem and a barrier for the integration of quantum computing in the daily workflow of end-users.
The goal of the project is to automate the development of quantum algorithms. Methods and software infrastructure will be developed to solve a mathematical problem with the most efficient algorithm and suitable hardware on a quantum computer. The fundamentally new approach is that the solution is agnostic to algorithm, method, and hardware. Thus, not only the optimal algorithm for a given hardware is found, but also the corresponding optimal hardware. We refer to this agnostic approach as the solution path.
Another aim of the project is to develop a method for the automated classification of mathematical problems and their corresponding optimal quantum algorithms. Furthermore, fundamental algorithmic building blocks will be identified that are most efficient for the respective problems. The third component consists of finding the optimal hardware. For this purpose, we compare the implementation of quantum operations with ions, atoms and superconducting circuits using the theory of optimal control. In the long run, these methods can be used to certify and compare and benchmark quantum computers in a fair way. If successful, this will be of great global relevance, going beyond the actual goal of the project.

Projektkoordinator

- Parity Quantum Computing GmbH

Projektpartner

- Universität Innsbruck Institut für Theoretische Physik