

QuOPE

Quantum Optimization and Performance Estimation

Programm / Ausschreibung	KS 24/26, KS 24/26, BRIDGE 2025/01	Status	laufend
Projektstart	01.04.2026	Projektende	31.03.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Projektförderung	€ 354.343		
Keywords	quantum computing, ion-traps, quantum utility		

Projektbeschreibung

Quantencomputing hat das Potenzial, Bereiche von der Materialwissenschaft bis zum maschinellen Lernen zu revolutionieren und befindet sich im Übergang von theoretischer Forschung zur praktischen Umsetzung. Die derzeitige Ära, die durch Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ)-Geräte gekennzeichnet ist, bietet eine einzigartige Gelegenheit, mit der Erforschung und Nutzung der Leistungsfähigkeit der Quantenberechnung zu beginnen und gleichzeitig mit den Einschränkungen dieser frühen Maschinen umzugehen.

Das Projekt „Quantum Optimization and Performance Estimation“ (QuOPE) zielt darauf ab, die Kluft zwischen theoretischem Versprechen und praktischer Anwendung weiter zu überbrücken. Wir werden uns darauf konzentrieren, (i) Quantenalgorithmen für die Ausführung auf realen NISQ-Geräten zu optimieren, insbesondere auf jenen, die von unserem Partner Alpine Quantum Technologies (AQT), einem führenden Innovator im Bereich des Ionenfallen-Quantencomputers, entwickelt wurden, und (ii) zuverlässige Schätzungen zur Leistung und Skalierung der betrachteten Algorithmen auf der Ionenfallen-Hardware abzuleiten.

In Anbetracht der inhärenten Beschränkungen der aktuellen Hardware – Rauschen, begrenzte Qubit-Konnektivität und relativ kleine Anzahl an Qubits – wird dieses Projekt Strategien zur Ressourcenoptimierung in den Vordergrund stellen. Durch eine sorgfältige Analyse der spezifischen Eigenschaften der AQT-Ionenfallenplattform werden wir etablierte Optimierungstechniken wie semiklassische Steuerung und approximative Kompilierung erforschen und anpassen, um die Rechenleistung der verfügbaren Geräte voll auszuschöpfen.

Darüber hinaus wird QuOPE über die unmittelbare Optimierung hinausgehen. Wir werden einen umfassenden Rahmen für die Vorhersage der zukünftigen Leistung von Quantencomputern entwickeln. Dies beinhaltet die Erstellung detaillierter Modelle der Hardware-Plattform und ausgewählter Anwendungsfälle, die es uns ermöglichen, den Ressourcenbedarf für verschiedene Problemgrößen abzuschätzen und den Punkt vorherzusagen, an dem „Quantum Utility“ erreicht werden kann. Dieser vorausschauende Ansatz ist entscheidend für die Entwicklung von Hardware und Software, um sicherzustellen, dass zukünftige Quantencomputer optimal designt und genutzt werden.

Das Software Competence Center Hagenberg (SCCH), mit seiner Expertise in der Anwendung von Quantenalgorithmen für industrielle Herausforderungen, wird eng mit AQT zusammenarbeiten, um diese Forschung voranzutreiben. Diese synergetische Partnerschaft kombiniert modernste Quanten-Hardware mit der notwendigen Expertise, um theoretische

Fortschritte in reale Anwendungen umzusetzen. Mit QuOPE wollen wir nicht nur den Stand der Technik im Quantencomputing vorantreiben, sondern auch den Grundstein für eine Zukunft legen, in der diese transformative Technologie ihr immenses Potenzial ausschöpfen kann.

Abstract

Quantum computing, with its potential to revolutionize fields from materials science to machine learning, is transitioning from theoretical exploration to practical implementation. The current era, characterized by Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ) devices, presents a unique opportunity to begin exploring and exploiting the power of quantum computation while simultaneously coping with the limitations of these early machines.

The project "Quantum Optimization and Performance Estimation" (QuOPE) aims to move the field further towards bridging the gap between theoretical promise and practical application. We will focus on (i) optimizing quantum algorithms for execution on real-world NISQ devices, specifically those developed by our partner, Alpine Quantum Technologies (AQT), a leading innovator in ion-trap quantum computing, and (ii) derive reliable estimates on the performance and scaling of the considered algorithms on the ion-trap hardware.

Recognizing the inherent limitations of current hardware – noise, limited qubit connectivity, and relatively small qubit counts – this project will prioritize resource optimization strategies. By meticulously analyzing the specific characteristics of the AQT ion-trap platform, we will explore and adapt established optimization techniques, such as semi-classical control and approximative compilation, to fully exploit the computational power of the available devices.

Furthermore, QuOPE will go beyond immediate optimization. We will develop a comprehensive framework for predicting the future performance of quantum computers. This will involve building detailed models of the hardware platform and selected use cases, allowing us to estimate the resource requirements for various problem sizes and predict the point at which quantum utility can be achieved. This forward-looking approach is crucial for guiding the development of both hardware and software, ensuring that future quantum computers are optimally designed and utilized.

The Software Competence Center Hagenberg (SCCH), with its expertise in applying quantum computing to industrial challenges, will collaborate closely with AQT to drive this research. This synergetic partnership combines cutting-edge quantum hardware with the expertise necessary to translate theoretical advancements into real-world applications. Through QuOPE, we aim to not only advance the state-of-the-art in quantum computing but also to lay the groundwork for a future where this transformative technology can deliver on its immense potential.

Projektkoordinator

- Software Competence Center Hagenberg GmbH

Projektpartner

- Alpine Quantum Technologies GmbH