

AUTOMATISIERUNG VON QUANTENALGORITHMEN

Parity (QC) Quantum Computing GmbH

Rennweg 1, 6020 Innsbruck

info@parityqc.com

www.parityqc.com

Inhalt, Foto: ParityQC

KU, Tirol

Förderung: [Basisprogramm](#)

(siehe auch [Quantum Austria](#))



Automatisierte Übersetzung von Optimierungproblemen auf Quantenhardware

OPTIMALE LÖSUNGSWEGE MITHILFE VON MACHINE LEARNING

Mit der Parity-Software werden **Optimierungsprobleme in für Quantencomputer geeigneter Form bereitgestellt**. Es werden notwendige Entscheidungen, die viel Know-How und Erfahrung benötigen **automatisiert**. Es bildet sich damit die Grundlage, um den **optimalen Quantenalgorithmus zu erstellen**. Gegenstand der Forschung und Entwicklung ist der Bereich **Computing, Software und Hardwarearchitekturen** sowie die Erstellung von **Machbarkeitsstudien im Bereich Quantenarchitekturen**.

Innovationsgehalt und Nutzen

Mit der Parity-Software werden **Optimierungsprobleme in für Quantencomputer geeigneter Form bereitgestellt**. Es werden notwendige Entscheidungen, die viel Know-How und Erfahrung benötigen **automatisiert**. Es bildet sich damit die **Grundlage, um den optimalen Quantenalgorithmus zu erstellen**.

An der Verwendung von algorithmischen Bausteinen wird derzeit weltweit geforscht **Jene Bausteine, die automatisiert** für die Encoding-unabhängige

Formulierung und Lösung von Optimierungsproblemen auf verschiedenen Quantenhardware-Plattformen **kombinieren**.

Österreich liegt mit dem Ansatz von ParityQC technologisch im Spitzenfeld.

- Die Ergebnisse des Forschungsprojektes „ASQ“ mit dem Inhalt „*Software Toolchain für Quantencomputer*“ können für **Benchmarking und damit Weiterentwicklung von Quantenhardware und -algorithmen** verwendet werden.
- Durch die Automatisierung der Lösungsversuche können benötigte **Ressourcen reduziert werden**.
- Durch die Encoding-unabhängige Darstellung und die automatische Lösung wird die **Einstieghürde für die Nutzung von Quantentechnologie für Industrie und Wirtschaft gesenkt**.
- **ParityOS** ist schon jetzt eine **All-in-One-Lösung** für die Lösung realer Probleme auf Quantencomputern.

SUCCESS STORY

Problemstellungen und Anwendungsbereich

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, **die zahlreichen Entscheidungen zu automatisieren**, die zur Lösung von Optimierungsproblemen auf Quantencomputern erforderlich sind.

Der Lösungsweg wird auf der Grundlage des jeweiligen Problems empfohlen.

Die Software implementiert Bausteine, die typisch für eine bestimmte Problemklasse sind. Es kommt **Machine Learning** zum Einsatz, um herauszufinden, wie diese am besten verwendet werden sollten.

Die Wahl der Quanten-Hardware wird auch auf der Grundlage von **Benchmarks und Speed Limits der Geräte** vorgeschlagen.

Maßnahmen und Methodik

Das **Entwicklungsteam nutzt allgemeine „Encoding-unabhängige“ Formulierungen von Optimierungsproblemen**, die eine Automatisierung der folgenden Entscheidungen ermöglicht, die für die Lösung mit Quantencomputern notwendig sind. Es wurden **Bausteine (Teile von mathematischer Funktion)** entwickelt, die in vielen Fällen verwendet werden können, um typische Probleminstanzen zu konstruieren.

Das **Entwicklungsteam untersucht geeignete Metriken zur Bewertung von Quantenressourcen**, wie zB die Anzahl der Qubits, die Tiefe der Schaltkreise oder die Zeit, die der Quantencomputer benötigt, um eine Lösung zu finden. So kann im Einsatz entschieden werden, für welches Problem welche Qubits verwendet und Nebenbedingungen implementiert werden sollen.

Eine weitere wichtige Entscheidung auf dem Lösungsweg ist **die Frage, welche Art von Quantenalgorithmen eingesetzt werden sollen**. Hierfür implementiert das Entwicklungsteam die Integration mit verschiedenen variationsbasierten **Quantenalgorithmen wie QAOA sowie Schnittstellen zu ParityOS für die Kompilierung mit der ParityQC-Architektur**.

Klassische Algorithmen werden ebenfalls **als Alternative implementiert**, um Quantensimulationen zu überprüfen und Vergleiche zu ermöglichen.

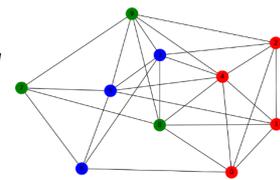
Dabei kommt **Reinforcement Learning nach der AlphaZero-Methode** ins Spiel, die auf einer Vielzahl von Instanzen **aus einer Problem-Bibliothek** trainiert werden. In der Entwicklung werden geeignete Trainingsmethoden und spezialisiertere Netzwerke für verschiedene Problemklassen untersucht.

Bisherige Lösungsansätze und Ergebnisse

Mittlerweile beinhaltet die ASQ-Entwicklung eine **große Auswahl von Optimierungsproblemen mit einer Vielzahl von Problemklassen und Bausteinen**, die für die Erstellung neuer Optimierungsprobleme verwendet werden können. Die jetzt schon implementierten **Machine Learning Methoden** können aus einer Reihe von Problemen auswählen und **anhand der gefundenen Lösungswege den Lernfortschritt bewerten**.

Damit kann das Entwicklungsteam Modelle, die auf neuronalen Netzen beruhen, testen und je nach Performance in das finale Produkt integrieren.

Abbildung: Darstellung einer Lösung eines kombinatorischen Optimierungsproblems



ParityQC – vom Spin Off zum Quantendienstleister

Das Unternehmen Parity Quantum Computing wurde im Jänner 2020 gegründet. Es handelt sich um ein Spin Off der Universität Innsbruck und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW).

ParityQC ist das weltweit einzige Quantenarchitektur Unternehmen. Forscherinnen und Forscher entwickeln Blaupausen und Betriebssystem für hochskalierbare Quantencomputer, deren Anwendungen von der Lösung von Optimierungsproblemen bis zum generellen, fehlerkorrigierten Quantencomputing reicht.

Ausblick

Im Entwicklungsteam arbeitet ParityQC an der Erweiterung der Lösungswege – beispielsweise durch **neue Algorithmen sowie der Skalierung zu größeren und vielfältigeren Probleminstanzen**. Das Ziel ist eine universelle Plattform für Optimierungsprobleme aus **Wirtschaft und Wissenschaft**.