

QAE

Quantum Algorithm Engineering: Bridging the Gap to Industrial Applications

Programm / Ausschreibung	KS 24/26, COMET 2024, COMET-Module 2024	Status	laufend
Projektstart	01.01.2026	Projektende	31.12.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	48 Monate
Keywords	Quantum Computing Applications, Quantum Machine Learning (QML), Hybrid Quantum Computing, Quantum Software Engineering, Quantum Utility		

Projektbeschreibung

Quantencomputer werden zunehmend Realität, und die jüngsten Erfolge bei der Entwicklung von Quantencomputern, wie z.B. eine höhere Anzahl und bessere Qualität der Qubits sowie die Verbesserung der Genauigkeit und Geschwindigkeit von Quanten-Operationen, unterstreichen den Fortschritt hin zu praktisch relevanten Anwendungen. Österreich hat sich an der Spitze dieser Entwicklungen positioniert und entwickelt modernste Quantenhardware (z.B. in Innsbruck und Wien) sowie Software (z.B. in Hagenberg und Linz). Nach wie vor besteht jedoch eine technologische Lücke zwischen den praktischen Anwendungen und dem sehr Hardware-nahen Software-Ökosystem im Quantencomputing: Viele potenzielle Nutzer haben zwar vom Potenzial der Quantencomputer gehört, sind sich jedoch unsicher, ob diese Technologie für ihren konkreten Einsatzzweck geeignet ist. Diejenigen, die bereits in die Technologie investiert haben, bleiben oft auf der Ebene von einfachen "Spielzeugbeispielen" und es fehlt der klare Weg zur praktischen Umsetzung, da der Zugang zu Quantencomputern bisher hauptsächlich nur über Low-Level-Schnittstellen erfolgt.

Das Ziel des COMET-Moduls "Quantum Algorithm Engineering" (QAE) ist es, diese Lücke zu schließen, die Anwendungen aus der Industrie mit dem bestehenden Quanten-Ökosystem zu verbinden und so die Vorteile dieser neuen Technologie nutzbar zu machen. Das Vorhaben untersucht dazu für unterschiedliche Anwendungsbereiche (mit Schwerpunkt kombinatorische Quantenoptimierung sowie Quantum Machine Learning), ob und welche Quantenalgorithmen praktisch nutzbar sind. Ergänzend dazu wird die Integration von Quanten-Algorithmen in hybride Systeme erforscht sowie die Entwicklung einer dafür erforderlichen Software-Umgebung, mit der letztendlich alle notwendigen Werkzeuge zur Verfügung gestellt werden können, um praktische Anwendungen für Quantencomputer zu evaluieren.

Dieses Vorhaben erfordert eine Investition in die Grundlagenforschung zu Quantenalgorithmen, deren Anwendbarkeit, Vor- und Nachteil-Betrachtungen sowie von theoretischen Garantien - in Kombination mit der Entwicklung von Methoden und Software-Werkzeugen. Die resultierenden Ergebnisse schaffen ein enormes Potenzial für die problemorientierte Erforschung von Quantenalgorithmen sowie für die Demonstration der Vorteile von Quantencomputern für industrielle Anwendungen. Durch die Erforschung der Grundlagen für die Nutzung von Quantencomputern erwarten wir einen positiven Effekt für die österreichische Industrie in technologischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Hinsicht. Dazu zählt auch die Schaffung

neuer Arbeitsplätze in der Hoch-Technologie und entsprechende Wettbewerbsvorteile für österreichische Unternehmen.

Die Forschung im Modul bietet die Chance die österreichische Landschaft des Quantencomputings insofern zu "vervollständigen", als dass die kritische Lücke zwischen den Anwendungen der Industrie und den Herstellern von Quantencomputern geschlossen wird. Das SCCH ist dabei in einer idealen Ausgangssituation: Seit mehr als 25 Jahren beweist das Forschungszentrum seine technologische Führungsrolle, indem es die Entwicklung in den Bereichen Software und Data Science vorantreibt. Im Quantencomputing verfügt das SCCH ebenfalls über jahrzehntelange Forschungserfahrungen, die das Zentrum zu einem der führenden Akteure in diesem Bereich gemacht hat. Gemeinsam mit einem herausragenden Konsortium führender Experten im Quantencomputing, Anbietern von Quanten-Computing-Technologien sowie bedeutenden Industriepartnern wird das SCCH das österreichische und letztlich das weltweite Quantencomputing-Ökosystem vervollständigen.

Abstract

Quantum computing is becoming a reality, and recent accomplishments in the physical realization of quantum computers, such as an increase in the number and quality of qubits as well as improvements in fidelity and speed of operations, confirm the trend towards practically relevant applications for them. Austria has positioned itself on the cutting edge of these developments and provides international state-of-the-art quantum hardware (e.g., developed in Innsbruck and Vienna) as well as software (e.g., in Hagenberg and Linz). This progress increases the expectations for the utilization of this new technology.

However, there is still a huge technological gap between applications in quantum computing and the low-level quantum software ecosystem supposed to facilitate these applications: Many prospective users heard about the promises of quantum computing, but have no idea whether this technology is useful for their domain. Those who are already invested in the technology are often stuck with "toy examples" and have no clear path towards a practical utilization of quantum computing as, thus far, quantum computing platform providers mainly supply low-level interfaces to access their technology.

The goal of the COMET module "Quantum Algorithm Engineering" (QAE) is to address this gap, to connect industry with the quantum ecosystem, and, by this, enable to effectively and efficiently exploit the advantages of this new technology. To this end, QAE will thoroughly consider relevant application domains and investigate whether and how they can be matched to fitting Quantum Algorithms (with a focus on Quantum Combinatorial Optimization as well as Quantum Machine Learning). Complementary to that, we consider the integration of corresponding solutions into Hybrid Quantum-Classical Systems as well as the development of a supporting Quantum Software Environment – eventually providing industry with all the tools needed to realize and evaluate applications for quantum computing.

This scope requires extensive basic research into quantum algorithms, their applicability, advantages, disadvantages, and theoretical guarantees in combination with the development of software methods and tools. The resulting joint research direction has an enormous potential and intellectual merit for problem-oriented research into quantum algorithms as well as demonstrating the advantages of quantum computing for industrial applications. By providing the basis for utilizing quantum computing, we expect a substantial impact of this proposal including a technological, economical, and societal effect on Austrian industry. Making quantum computing technologies more accessible to the industry will incentivize the creation of new jobs in this field as well as enable competitive advantages for companies to safeguard earnings and the very jobs just

created.

Overall, the module will "complete" Austria's quantum computing landscape by bridging the gap between applications from early adopters in industry (who should benefit most from exploiting the potential) and platform providers (who are already strongly represented in the country). To this end, SCCH is in a perfect position to this effort: For over 25 years, the research center demonstrated its technological leadership by spearheading developments in software and data science as well as integrating them into joint environments. In the domain of quantum computing, we provide decade-long experiences in the corresponding basic research which made us one of the leading players in the domain with a strong network of academic and industrial partners. Together with our consortium (covering leading experts in quantum computing, providers of actual quantum computing hardware, as well as important industrial partners ready to utilize the promises of quantum computing), we will complete the quantum computing ecosystem for Austria and the world.

Projektkoordinator

- Software Competence Center Hagenberg GmbH

Projektpartner

- Alpine Quantum Technologies GmbH
- ESS Engineering Software Steyr GmbH
- Nimble Innovation GmbH
- Parity Quantum Computing GmbH
- Technische Universität München School of Computation, Information and Technology
- Technische Universität Wien Institut für Information Systems Engineering
- Universität Linz Institut für Integrierte Schaltungen und Quantum Computing
- Universität Linz Institut für Wirtschaftsinformatik - Software Engineering
- voestalpine Stahl GmbH