

4.4.2 Quantenoperationen und -algorithmen

Quantenoperationen und -algorithmen

Modulübersicht

EDV-Bezeichnung: QUCB420

Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. NN

Modulumfang (ECTS): 6 CP

Einordnung (Semester): 4. Semester

Inhaltliche Voraussetzungen:
Module Quantenmechanik sowie Informatik 1 und 2

Voraussetzungen nach SPO:
Nach SPO sind keine formellen Voraussetzungen erforderlich.

Fachkompetenzen:

Die Studierenden

- verstehen die mathematischen und physikalischen Grundlagen der Quanteninformation,
- können Zustände und Operationen von Qubits mithilfe der linearen Algebra formal beschreiben,
- kennen die wichtigsten Quanten-Gatter und deren Matrixdarstellungen,
- verstehen das Prinzip der Quantenparallelität und der Interferenz,
- kennen Aufbau und Wirkungsweise zentraler Quantenalgorithmen (z. B. Deutsch-Jozsa, Grover, Shor, QFT, QAOA),
- verstehen grundlegende Konzepte zur Realisierung, Fehlerkorrektur und Fehlertoleranz in Quantencomputern.

Methoden- und Handlungskompetenzen:

Die Studierenden

- können Quantenoperationen und -algorithmen mit geeigneten Frameworks (z. B. Qiskit, Cirq) modellieren, simulieren und testen,
- analysieren die Komplexität, Robustheit und Skalierbarkeit von Quantenalgorithmen,
- bewerten die Grenzen realer Quantenhardware und die Auswirkungen von Rauschen und Fehlerraten,
- wenden die erlernten Konzepte und Methoden auf neue Problemstellungen an, dokumentieren und präsentieren ihre Ergebnisse adressatengerecht.

Sozial- und Selbstkompetenzen:

Die Studierenden

- arbeiten eigenverantwortlich und zielorientiert an theoretischen und praktischen Aufgaben,
- reflektieren den eigenen Lernprozess und entwickeln Strategien zur selbstständigen Wissensvertiefung,
- kooperieren im Team bei der Entwicklung, Umsetzung und Diskussion von Quantenalgorithmen,

- kommunizieren technische Sachverhalte präzise und interdisziplinär verständlich,
- erkennen die Grenzen aktueller Technologien und setzen sich kritisch mit deren ethischen und gesellschaftlichen Auswirkungen auseinander.

Prüfungsleistungen:

Quantenoperationen und -algorithmen: Klausur, 120 Minuten

Labor Quantenoperationen und -algorithmen: das Labor gilt als bestanden, wenn die Projekte erfolgreich bearbeitet und testiert wurden.

Lehrveranstaltung: Quantenoperationen und -algorithmen

EDV-Bezeichnung: QUCB421

Dozierende(r): Prof. Dr. NN

Umfang (SWS): 4

Turnus: Sommersemester

Art, Modus: Vorlesung, Pflichtfach

Lehrsprache: Deutsch

Studieninhalte:

- Grundlagen der Quanteninformation: Zustände, Superposition, Verschränkung, Messungen
- Mathematische Beschreibung von Qubits und Quantenoperationen (Dirac-Notation, Matrizen, Tensorprodukte)
- Ein- und Mehrqubit-Gatter: Pauli, Hadamard, Phase, CNOT, Toffoli
- Universelle Gatemenge und Realisierung von Operationen durch Gate-Decomposition
- Quantenparallelismus, Interferenz und Messwahrscheinlichkeiten
- Wichtige Quantenalgorithmen: Deutsch-Jozsa-Algorithmus, Grover-Suchalgorithmus, Shor-Faktorisierungsalgorithmus, Quantum Fourier Transform (QFT) und Phase Estimation
- Überblick über aktuelle Quantenhardware und Ausführungsmodelle

Empfohlene Literatur:

- Eleanor Rieffel, Wolfgang Polak: Quantum Computing: A Gentle Introduction, MIT, 2014.
- Arthur O. Pittenger: An Introduction to Quantum Computing Algorithms, Birkhäuser, 1999.
- Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang: Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge, 2010.
- Richard J. Lipton, Kenneth W. Regan: Quantum Algorithms via Linear Algebra: A Primer, MIT, 2014.

Lehrveranstaltung: Labor Quantenoperationen und -algorithmen

EDV-Bezeichnung: QUCB422

Dozierende(r): Prof. Dr. NN

Umfang (SWS): 2

Turnus: Sommersemester

Art, Modus: Vorlesung, Pflichtfach
Lehrsprache: Deutsch
<p>Studieninhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung grundlegender Quantenoperationen in Simulationsumgebungen (z. B. Qiskit, Cirq) • Aufbau und Simulation einfacher Quanten-Schaltkreise • Analyse der Messergebnisse und Einfluss von Rauschen • Implementierung und Vergleich klassischer und quantenbasierter Algorithmen • Teamorientierte Bearbeitung kleinerer Projektaufgaben (z. B. Realisierung eines einfachen Quanten-Such- oder Optimierungsalgorithmus) • Dokumentation, Präsentation und Reflexion der Arbeitsergebnisse
<p>Empfohlene Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe Vorlesung Quantenoperationen und-algorithmen • Dokumentation zu Qiskit und Cirq.