

4.6.2 Fehlertolerantes Quantencomputing

Fehlertolerantes Quantencomputing

Modulübersicht
EDV-Bezeichnung: QUCB620
Modulverantwortliche(r): Prof. Dr. NN
Modulumfang (ECTS): 6 CP
Einordnung (Semester): 6. Semester
Inhaltliche Voraussetzungen: Module Quantenmechanik sowie Schnittstellen zu Quantencomputern
Voraussetzungen nach SPO: Nach SPO sind keine formellen Voraussetzungen erforderlich.
Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden verstehen die Prinzipien und Herausforderungen fehlertoleranter Quantenberechnungen. Sie sind in der Lage, Quantenfehlerkorrekturcodes zu analysieren, anzuwenden und experimentell zu implementieren. Zudem können sie die Grenzen und Möglichkeiten aktueller und zukünftiger fehlertoleranter Quantencomputer kritisch bewerten.
Fachliche Kompetenzen <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnis der Grundlagen von Quantenfehlern (Dekohärenz, Gatterfehler, Messfehler) • Verständnis der Prinzipien der Fehlererkennung und der Quantenfehlerkorrektur (QEC) • Überblick über wichtige QEC-Codes (z. B. Shor-Code, Stabilizer-Codes, Surface-Code) • Kenntnis der Anforderungen an physische Qubits für logische Qubits • Verständnis der Rolle von Fehlertoleranz für skalierbare Quantencomputer
Methodische Kompetenzen <ul style="list-style-type: none"> • Analyse und Vergleich von QEC-Codes hinsichtlich Fehlerrate und Ressourcenbedarf • Planung und Durchführung von Experimenten zur Fehlererkennung und -korrektur • Interpretation von Messdaten und Bewertung der Fehlerkorrekturleistung • Simulation und Implementierung einfacher QEC-Protokolle • Anwendung von Softwaretools zur Simulation fehlertoleranter Quantenalgorithmen
Prüfungsleistungen: Klausur / 120 Minuten. Das Labor gilt als bestanden, wenn die Projekte erfolgreich bearbeitet und testiert wurden (Studienleistung).

Lehrveranstaltung: Fehlertolerantes Quantencomputing

EDV-Bezeichnung: QUCB621

Dozierende(r): Prof. Dr. NN

Umfang (SWS): 4
Turnus: Sommersemester
Art, Modus: Vorlesung, Pflichtfach
Lehrsprache: Deutsch
Studieninhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in Quantenfehler: Dekohärenz, Gatterfehler, Crosstalk • Grundlagen der Quantenfehlerkorrektur: Syndrom-Messung, Stabilizer-Formalismus • QEC-Codes: Repetition-Code, Shor-Code, Surface-Code • Fehlerkorrektur für skalierbare Quantencomputer • Fehlerreduktion durch dynamische Entkopplung und Fehlervermeidung • Aktuelle Forschungsfragen: Ressourcenbedarf, Skalierbarkeit, hybride Ansätze
Empfohlene Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Shor, Scheme for reducing decoherence in quantum computer memory, Physical Review A, 52 (4), 2493 – 2496, 1995 • Fowler et al. Surface codes: Towards practical large-scale quantum computation. Physical Review A, 86(3), 2012 • Djordjevic, Quantum Information Processing, Quantum Computing, and Quantum Error Correction: An Engineering Approach, Academic Press, 2021

Lehrveranstaltung: Labor Fehlertolerantes Quantencomputing
EDV-Bezeichnung: QUCB622
Dozierende(r): Prof. Dr. NN
Umfang (SWS): 2
Turnus: Sommersemester
Art, Modus: Vorlesung, Pflichtfach
Lehrsprache: Deutsch
Studieninhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Umgang mit Quantencomputing-Frameworks (z. B. Qiskit) zur Simulation • Simulation von Quantenfehlern und deren Auswirkungen auf Algorithmen • Implementierung einfacher QEC-Protokolle (z. B. 3-Qubit-Repetition-Code) • Experimentelle Realisierung von Fehlererkennung und QEC (z. B. mit NV-Zentren) • Analyse von Syndrom-Messungen und Fehlerkorrekturzyklen • Optimierung von QEC-Parametern und Bewertung der Fehlerkorrekturleistung
Empfohlene Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Waldherr et al., Quantum error correction in a solid-state hybrid spin register. Nature, 506, 204–207, 2014