

Übungen zur Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung – Blatt 11 Sommersemester 2018 ¹

Abgabetermin Montag, 16. Juli 2018, vor Vorlesung

DEKOHÄRENZFREIER QUANTENSPEICHER MIT EINEM ION-QUANTENRECHNER

Das Ziel dieses Blattes ist die Vertiefung der Veröffentlichung *A Decoherence-Free Quantum Memory Using Trapped Ions* von D. Kielpinski *et al.*, Science **291**, 1013 (2001), die Sie zunächst lesen müssen. Es geht um eine physikalische Umsetzung der Quantenfehlerkorrektur bzw. der Dekohärenzfreierräume. Insbesondere werden Sie gefragt, einige im Paper behaupteten mathematischen Resultaten zu beweisen, sodass Ihnen die einzelnen Schritte des experimentellen Verfahrens klarer werden.

Aufgabe 1: Das Sørensen-Mølmer-Gatter

Verifizieren Sie, dass das sogenannte Sørensen-Mølmer-Gatter \hat{U}_{SM} , dessen Definition in der Gleichung (2) des Papers gegeben ist, unitär ist (abgesehen von einer globalen Phase). Zeigen Sie zudem, dass es folgende Eigenschaft $\hat{U}_{SM}^3 = \hat{U}_{SM}^{-1}$ erfüllt (1 Punkt).

Aufgabe 2: Definition der logischen Qubits

Welche Zustände wurden im Paper als logische Qubits definiert? Überprüfen Sie zudem, dass diese Qubits invariant gegenüber kollektiver Dephasierung sind (1 Punkt).

Aufgabe 3: Beschreibung des experimentellen Verfahrens

Beschreiben Sie allgemein das experimentelle Verfahren, um zu beweisen, dass die Zustände $|\Psi_{\pm}\rangle$ eine robuste “Computational-Basis” gegenüber Dephasierung bilden. Überlegen Sie dazu, welche Schritte im Paper verfolgt wurden, um die Reversibilität der Übertragung von den physikalischen Zuständen $|\uparrow\rangle, |\downarrow\rangle$ zu den logischen Zuständen $|\Psi_{\pm}\rangle$ nachzuweisen (1 Punkte).

Aufgabe 4: Vorbereitung des Zustandes $a|\downarrow\rangle + b|\uparrow\rangle$

Leiten Sie den Ausdruck der Koeffizienten a und b her, die den Zustand (3) im Paper definieren (2 Punkte).

Aufgabe 5: DFS-Kodierung

Zeigen Sie, wie wird die Transformation $|\downarrow\rangle(a|\downarrow\rangle + b|\uparrow\rangle) \mapsto a|\Psi_{+}\rangle + b|\Psi_{-}\rangle$ durchgeführt (1 Punkt).

Aufgabe 6: Messungswahrscheinlichkeit

Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit P_2 , mit der die zwei Ionen am Ende des Verfahrens (von der Aufgabe 3) im Zustand $|\downarrow, \downarrow\rangle$ gefunden werden. Diese muss im Idealfall sinus-förmig sein (3 Punkte).

Aufgabe 7: Diskussion der experimentellen Resultaten

Erläutern Sie kurz, wie das künstliche Rauschen generiert wird, sowie die Resultate, welche in Abbildung 1 des Papers dargestellt sind (1 Punkte).

¹bei Fragen: anegrett@physik.uni-hamburg.de