

Die moderne Physik stützt sich auf zwei verschiedene fundamentale Theorien, die Allgemeine Relativitätstheorie und die Quantenmechanik. Beide beschreiben einerseits makroskopische und kosmologische Phänomene wie Gravitationswellen und Schwarze Löcher und andererseits mikroskopische Phänomene wie Suprafluidität oder den Spin von Teilchen. Die Vereinheitlichung dieser beiden Theorien ist ein bisher ein ungelöstes Problem. Interessanterweise prognostizieren potentielle Kandidaten für Theorien einer Quantengravitation eine Verletzung der Prinzipien der Allgemeinen Relativitätstheorie auf verschiedenen Ebenen. Es ist daher von erheblichem Interesse, Verstöße gegen diese Grundsätze zu entdecken und festzustellen, auf welcher Ebene sie auftreten.

Jüngste Vorschläge versprechen ein signifikantes Potential von Sensoren basierend auf Materiewellen für Tests des Einstein Äquivalenzprinzips. In diesem Zusammenhang ist die Gestaltung der Eingangszustände mit klar definierten Ausgangsbedingungen erforderlich. Ein hochmoderner Test der Universalität des freien Falles (UFF) würde beispielsweise eine Kontrolle der Positionen und Geschwindigkeiten auf dem Niveau von $1 \mu\text{m}$ und $1 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ erfordern. Darüber hinaus schränken Systematiken, die im Bezug zur Größe des atomaren Ensembles stehen, die maximal mögliche Expansionsrate auf das Niveau von $100 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ein. Dieses anfängliche Engineering der Eingangszustände muss recht schnell, maximal in der Größenordnung von wenigen hundert ms, erfolgen, damit die Repetitionsrate des Experiments meteorologisch relevant ist.

In dieser Arbeit werden schnelle Transport- und Manipulationsprotokolle von Bose- Einstein-Kondensaten (BEC) mit Atomchips vorgeschlagen, die sich auf Reverse Engineering Techniken mit Shortcut-to-Adiabaticity-Protokollen stützen. Diese Methode bietet die Möglichkeit, Transportrampen mit spezifisch gewünschten Anfangs- und Endbedingungen zu konstruieren. Die Robustheit einer solchen Implementierung wurde im Rahmen einer realistischen experimentellen Konfiguration dargestellt. Optimierte Sequenzen, welche die Charakterisierung der angeregten Moden des BEC nach dem Transport beinhalten, wurden vorgeschlagen, um die Größe des BEC nach wenigen Sekunden auf wenige hundert Mikrometer mit einer Expansionsenergie von nur wenigen zehn pK zu begrenzen. Solche Protokolle wurden erfolgreich im Fallturmexperiment Quantus-2, in der Höhenforschungsraketen-BEC-Mission Maius-1 und dem Kalte-Atome- Labor (CAL) an Bord der Internationalen Raumstation angewandt.