

Übungen zur Einführung in die Physik der Quantengase

Blatt 9

Übung 9: Phasenübergang im optischen Gitter

Das Bose-Hubbard-Modell ist ein elementares stark abstrahiertes Modell, welches die Bewegung von Bosonen in einem regelmäßigen Gitter beschreibt. Es ist seit Jahrzehnten in der Festkörperphysik bekannt. Allerdings gibt es kein Festkörpersystem, in welchem das Bose-Hubbard-Modell direkt realisiert werden kann. In dem Artikel

D. Jaksch, C. Bruder, J. I. Cirac, C. W. Gardiner, and P. Zoller
Cold bosonic atoms in optical lattices.
Phys. Rev. Lett. 81, 3108-3111 (1998).

wurde erstmals vorgeschlagen das Bose-Hubbard-Modell in einem optischen Gitter zu realisieren. Schon wenige Jahre später wurde dieser Vorschlag von Experimentatoren aufgegriffen und in die Tat umgesetzt.

M. Greiner, O. Mandel, T. Esslinger, T. Hänsch, and I. Bloch
Quantum phase transition from a superfluid to a Mott insulator in a gas of ultracold atoms.
Nature 415, 39-44 (2002).

Dabei konnten die Forscher den erwarteten Phasenübergang zwischen einer superfluiden Phase und einer isolierenden, inkompressiblen Phase direkt beobachten

Lesen Sie beide Artikel. Stellen Sie sich dabei unter anderen folgende Fragen:

Fragen zu 1

Versuchen Sie die Diskussion des Bose-Hubbard-Modells in der Vorlesung anhand des Artikels noch einmal nachzuvollziehen. Konzentrieren Sie sich auf den ersten Teil des Artikels, indem ein einfaches Gitter behandelt wird mit jeweils einem Potentialminimum gleicher Tiefe pro Gitterplatz. Welche Parameter können im optischen Gitter auf einfache Weise kontrolliert werden? Welche zwei zentralen Näherungen sind nötig, um das optische Gitter durch ein Bose-Hubbard-Modell zu beschreiben? Warum ist das optische Gitter besonders geeignet zur Emulation des Hubbard-Modells? Was sind die Charakteristika der beiden möglichen Phasen des Systems? Welcher Typ von Phasengrenze liegt zwischen den beiden Phasen? Welche Rolle spielt das chemische Potential? Welche Rolle spielt ein dem Gitter überlagertes Fallenpotential?

Fragen zu 2

Mit welcher Atomsorte wurde gearbeitet? Wie wurde das Gitter realisiert? In welchem Zustand und mit welchen Methoden wurden die Atome präpariert? Welche Nachweismethode wurde verwendet? Wie konnten die beiden Phasen von einander unterschieden werden? Wie wurde der Phasenübergang getrieben? Wie könnte man auf andere Weise den beobachteten Phasenübergang treiben?