

Die theoretische Untersuchung wechselwirkender Quantensysteme ist eines der aktivsten Gebiete der modernen Festkörperforschung. Neue Herausforderungen sind in den letzten 10 Jahren durch die Fortschritte in der Nanostrukturierung von Materialien und der Erzeugung komplexer Systeme ultrakalter Atome entstanden: Inhomogene Strukturen in optischen Fallen, nichtgleichgewichtstransport durch Nanostrukturen und die damit zusammenhängenden möglichen Anwendungen im Gebiet der Spintronik oder des Quantencomputing machen es notwendig, diese Systeme quantitativ zu beschreiben. Aufgrund der Komplexität und der Konkurrenz verschiedener Energie- bzw. Zeitskalen werden hier Methoden benötigt, die nichtperturbativ sind. Relativ generell einsetzbar ist das Quanten Monte-Carlo-Verfahren. Bisher gab es allerdings das Problem, dass man (i) Raum und Zeit diskretisieren muss und (ii) keine Probleme abseites des thermodynamischen Gleichgewichtes behandeln kann. Infolge der Entwicklung neuer Algorithmen in den vergangenen 10 Jahren sind diese Restriktionen zum Teil obsolet geworden und man kann mit Monte-Carlo-Simulationen effizienter und vor allem zuverlässiger komplexe Quantensysteme untersuchen.

In diesem Projekt sollen zum Einen Quantenstörstellen im Nichtgleichgewicht simuliert werden. Da für diese Problematik bislang kaum verlässliche Verfahren existieren, bedeutet ein Erfolg einen Quantensprung im Verständnis mesoskopischer Strukturen. Zum Anderen sollen stark wechselwirkende Gittermodelle mit konkurrierenden Wechselwirkungen hinsichtlich ihrer Dynamik im Gleichgewicht studiert werden. Auch hier bieten die neuen Algorithmen durch die Abwesenheit bzw. dramatische Reduktion des bekannten Vorzeichenproblems die Möglichkeit, bislang nicht zugängliche Fragestellungen zu untersuchen.