



Deutsche Zusammenfassung

Die Dissertation von Tobias M. Wintermantel mit dem Titel " Complex systems dynamics in laser excited ensembles of Rydberg atoms " präsentiert experimentelle und theoretische Ergebnisse, die zeigen, dass ein ultrakaltes Gas unter Laseranregung zu Rydberg-Zuständen eine kontrollierte Plattform für die Untersuchung der interessanten komplexen Dynamik bieten kann, die in angetriebenen-dissipativen Systemen auftritt. Die drei wichtigsten Erkenntnisse sind:

- (i) Die Entdeckung von selbstorganisierter Kritikalität (SOC) in unserem Rydberg-System unter fasilierter Anregung über drei Signaturen: Erstens beobachten wir eine Selbstorganisation der Dichte zu einem stationären Zustand. Zweitens finden wir skaleninvariantes Verhalten in der beobachtbaren Massendichte. Und drittens messen wir eine kritische Reaktion des Systems in Form von Rydberg-Anregungslawinen, welche nach einem Potenzgesetz verteilt sind. In weiteren Studien entschlüsseln wir einen intrinsischen Mechanismus im System, der den SOC-Zustand über die Atombewegung stabilisiert. Weiterhin wird ein kontrollierter Stabilisierungsmechanismus über die Abstimmung der Laseransteuerung vorgestellt. Diese Ergebnisse können helfen, die Frage zu beantworten, warum skaleninvariantes Verhalten in der Natur so häufig vorkommt.
- (ii) Es wird ein Zusammenhang zwischen dem leistungsgesetzlichen Wachstum der Rydberg-Anregungszahl und der epidemischen Ausbreitung aufgezeigt. Davon motiviert wird ein epidemisches SIS Netzwerk-Modell entwickelt, das die kollektive Anregungsdynamik im System effizient modellieren kann. Dieses Modell weist auf die Bedeutung von Heterogenität im emergenten Rydberg-Netzwerk und auf damit verbundene Griffiths-Effekte hin, die eine Erklärung für die beobachteten nicht-universellen Potenzgesetze liefern.
- (iii) Ein neuartiger theoretischer Vorschlag zur Implementierung von zellulären Quantenautomaten mittels Multifrequenz-Rydberg-Laseranregung in atomaren Arrays bietet einen natürlichen Rahmen, um die Beziehung zwischen mikroskopischen Regeln und der resultierenden globalen Dynamik zu untersuchen. Eine nützliche Anwendung ist die Zustandsvorbereitung von verschränkten Zuständen in der stationären Dynamik des quantenzellulären Automaten systems mit Anwendungen in der Quantenmetrologie und Quanteninformatik.