

# Zusammenfassung

In dieser Arbeit über »*Ultrakalte gepaarte Atome in kohärenten Lichtfeldern*« berichte ich über mehrere Experimente mit ultrakalten Rubidium (Rb) Atomen, die ich Rahmen meiner Doktorarbeit durchgeführt habe. Ultrakalte gepaarte Atome treten dabei in mehreren Spielarten auf: In Form von Molekülen, als kohärenter Überlagerungszustand von Atomen und Molekülen sowie als sogenannte repulsiv gebundene Paare. In allen Fällen spielen kohärente Lichtfelder eine wesentliche Rolle bei der Erzeugung und Untersuchung dieser Paare.

In einem der Experimente benutzen wir Licht, um mittels Zwei-Farben-Photoassoziation Atome direkt an einen Molekülzustand anzukoppeln. Dadurch konnten wir einen neuartigen Atom-Molekül-Dunkelzustand erzeugen, der eine kohärente Überlagerung von einem Rb Bose-Einstein Kondensat (BEC) und einem quantenentarteten Gas von Rb<sub>2</sub>-Molekülen darstellt.

Weiters berichte ich über die Erzeugung von langlebigen ultrakalten Molekülen mithilfe einer magnetischen Feshbach-Resonanz in einem optischen Gitter. Beim Rampen des Magnetfeldes werden zwei bosonische Atome, die sich am gleichen Gitterplatz befinden, sehr effizient zu einem Molekül verbunden. Das optische Gitter wirkt sich dabei in mehrfacher Hinsicht positiv aus. Tiefe Gittertöpfe sorgen für eine hohe Atomdichte und damit für hohe mögliche Konversionsgeschwindigkeiten und Stabilität. Befinden sich genau zwei Atome an einem Gitterplatz, so ist das System quantenmechanisch genau definiert und theoretisch leicht beschreibbar. Zusätzlich schützt das optische Gitter die gebildeten Moleküle vor Verlusten durch inelastische Stöße mit anderen Atomen oder Molekülen. Dadurch erzielen wir eine praktisch vollständige Konversion von Atompaaren in Moleküle und eine lange Lebensdauer der Moleküle. Dies stellt eine wesentliche Verbesserung gegenüber früheren Experimenten ohne optisches Gitter dar.

Bei der Untersuchung der Eigenschaften von Atompaaren im optischen Gitter entdeckten wir einen neuartigen Bindungszustand, der durch die *abstoßende* Wechselwirkung zwischen den Atomen bedingt ist. Ein Zerfall eines solchen Paares in zwei getrennte Atome ist unterdrückt, da in dem periodischen Potential des optischen Gitters die möglichen Energiezustände, die ein Atom besetzen kann, stark eingeschränkt sind und eine Umwandlung der Wechselwirkungsenergie in kinetische Energie deshalb nicht möglich ist. Zur Untersuchung dieser sogenannten repulsiv gebundenen Paare verwendeten wir als wesentliche Hilfsmittel die für die Erzeugung von Molekülen im optischen Gitter entwickelten Techniken.

Die durchgeführten Experimente und die dabei entwickelten Methoden eröffnen neue Möglichkeiten auch für die Chemie ultrakalter Atome und Moleküle, die Physik der kondensierten Materie sowie die Quanteninformationsverarbeitung.