

## Zusammenfassung

Mit der experimentellen Realisierung von Bose-Einstein Kondensaten in verdünnten atomaren Gasen wurde 1995 ein neues faszinierendes Forschungsfeld eröffnet. Seitdem sind eine Vielzahl an fundamentalen Fragestellungen zu schwach wechselwirkenden Bose-Einstein Kondensaten studiert worden, welche zumeist auf der Nichtlinearität der Systeme basieren. Fast alle bisherigen experimentellen Arbeiten untersuchen jedoch nur das Verhalten ein-komponentiger Bose-Einstein Kondensate. Lediglich in zwei Arbeitsgruppen am JILA und MIT (sowie parallel zu dieser Arbeit am Georgia Tech) wurden die besonderen Eigenschaften, welche auf der komplexeren Wechselwirkung von zwei bzw. drei-komponentigen Bose-Einstein Kondensaten beruhen, analysiert.

Im Rahmen der vorliegenden Promotion wurde erstmals die vielschichtige Dynamik fünf-komponentiger Bose-Einstein Kondensate sowohl experimentell als auch theoretisch untersucht. Basierend auf einem  $F=2$  Spin-System konnte ein wichtiger Beitrag zu magnetischen Wechselwirkungen in atomaren Quantensystemen gegeben werden, wobei der Schwerpunkt der Arbeit auf der zeitlichen Dynamik, dem magnetischen Grundzustand in Abhängigkeit verschiedener Parameter sowie auf den unterschiedlichen Verlustkanälen liegt.

Die Experimente wurden mit  $^{87}\text{Rb}$  Atomen im Hyperfeinzustand  $F=2$  durchgeführt. Die dafür erforderliche Apparatur sowie alle notwendigen Lasersysteme des Experimentes wurden im Rahmen dieser Arbeit konzipiert und aufgebaut.

Ein zentrales Ergebnis der Messungen ist, dass Kondensate aus  $^{87}\text{Rb}$  Atomen im Hyperfeinzustand  $F=2$  ein polares (anti-ferromagnetisches) Verhalten zeigen. Im Rahmen dieser Arbeit konnte jedoch gezeigt werden, dass hieraus nicht auf eine polare Phase geschlossen werden kann, da dieser Zustand bei einem vorhandenen magnetischen Offsetfeld auch der Grundzustand der zyklischen Phase ist. Diese magnetische Phase ist eine Folge der komplexen Wechselwirkungen. Sie tritt in Systemen aus Atomen mit Spin eins nicht auf und wurde hier erstmals unter Berücksichtigung von Magnetfeldern ausführlich analysiert.

Bei der experimentellen Untersuchung der Spindynamik konnte gezeigt werden, dass diese im vorliegendem System im Vergleich zu den bisherigen Experimenten mit  $^{23}\text{Na}$  sehr schnell stattfindet ( $\sim 10$  ms gegenüber  $\sim 1$  s). Dies erlaubt erstmals Experimente zur Spindynamik, bei denen diese schneller abläuft als die Thermalisierung des Ensembles. Dies erlaubt neue Studien zur kohärenten Dynamik. Begleitend zu den umfangreichen experimentellen Ergebnissen wurde ein Modell zur Analyse der Spindynamik entwickelt und mit diesem insbesondere der Einfluss von zusätzlichen Offset-Magnetfeldern auf die Dynamik charakterisiert.

Ebenso konnte eine Magnetisierung bei Kondensaten, die mit einem Gesamtspin ungleich null präpariert waren, festgestellt werden. Dieser Effekt resultiert aus der Spindynamik zusammen mit spinabhängigen Verlusten. Diese Verluste treten bei Wechselwirkungen mit Übergängen in den unteren Hyperfeinzustand auf. Für die Mischung aus den Spinzuständen  $|m_F = +2\rangle$  und  $|m_F = -2\rangle$  sowie der Gleichverteilung über alle  $m_F$  Komponenten konnten die Zwei-Körper Zerfallsraten bestimmt werden.

Die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse stellen eine wesentliche Erweiterung des Verständnisses von mehr-komponentigen Bose-Einstein Kondensaten dar.