Zusammenfassung

Seit der erfolgreichen experimentellen Realisierung von Bose-Einstein-Kondensaten mit Alkalimetallatomen im Jahr 1995 hat sich dieses Forschungsgebiet nahezu exponentiell entwickelt. Obwohl bereits eine Vielzahl an Phänomenen theoretisch und experimentell untersucht wurden, zeigt das Gebiet der ultrakalten Quantengase eine ungebremste Aktivität in der Erforschung neuer fundamentaler Fragestellungen.

Mehrkomponentige Bose-Einstein-Kondensate erweitern das Spektrum der Phänomene in vielfältiger Weise. Das Kondensat besteht hier aus mehreren kondensierten und untereinander wechselwirkenden Komponenten. Die thermischen Atome können auch in den verschiedenen Zuständen vorliegen und bieten damit eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme und Konfigurationen zur Untersuchung von mehrkomponentigen Quantensystemen bei endlichen Temperaturen.

Werden die einzelnen Komponenten durch Spineinstellungen repräsentiert, so spricht man von Spinorkondensaten. Der Spin als Freiheitsgrad bietet zusätzlich die Möglichkeit der Umwandlung der Komponenten durch Spindynamik. Obwohl Spinorkondensate eine Vielfalt neuer Ergebnisse erwarten lassen, wurden bislang nur sehr wenige Experimente durchgeführt. So wurden Spinorkondensate in einem effektiven-Spin-1/2-System mit ^{87}Rb am JILA sowie für die $F=1$ -Mannigfaltigkeit von Natrium am MIT studiert. Zeitgleich zu dieser Arbeit wurden Spinorkondensate an ^{87}Rb am Georgia-Tec untersucht.

Im Rahmen dieser Dissertation wurde ein Experiment zur Erzeugung und Untersuchung von Spinorkondensaten mit ^{87}Rb -Atomen konzipiert und aufgebaut. Neben dem Aufbau der Vakuumapparatur und des Lasersystems musste eine Dipolfalle zur Spinunabhängigen Speicherung der Atome realisiert sowie Verfahren zur Manipulation und Detektion von Spinzuständen implementiert und optimiert werden. Die verwendeten Techniken werden in der Arbeit ausführlich diskutiert und mit theoretischen Modellen verglichen. Darüber hinaus wird die Phasenkontrast-Detektion von Spinorkondensaten, die zerstörungsfreie Messung der zeitlichen Entwicklung der Spindynamik und die Verschiebung der atomaren Energieniveaus durch Laserlicht im Kontext der experimentellen Parameter diskutiert.

An der Apparatur konnten weltweit erstmals fünfkomponentige Spinorkondensate in $F=2$ im Detail studiert werden. An $F=1$ -Spinorkondensaten wurde das thermodynamische Regime bei endlichen Temperaturen untersucht. Hier konnte ein neuartiger experimenteller Zugang zur 'Bose-Einstein-Kondensation bei konstanter Temperatur' sowie 'thermodynamisch getriebene Spinausrichtung' gezeigt werden. Durch Vergleich der experimentellen Ergebnisse mit Lösungen eines Ratengleichungsmodells werden die vorliegenden einzelnen Prozesse identifiziert und quantifiziert. Ferner wurde im Rahmen dieser Arbeit erstmals eine Gemischte-Spinkanalfeshbachresonanz zwischen unterschiedlichen Hyperfeinzuständen vermessen. Die Verlustrate aufgrund der Resonanz wird mit theoretischen Lösungen für verschiedene Zerfallsmodelle ausgewertet.