

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird ein ultrakaltes Quantengas bestehend aus fermionischen ${}^6\text{Li}$ -Atome untersucht. Die Kopplung bzw. die Wechselwirkung der Atome in diesem Gas kann mit Hilfe einer Feshbach-Resonanz eingestellt werden. Dabei wird die Wechselwirkung durch Anlegen eines homogenen Magnetfeldes auf einen unterschiedlich starken anziehenden oder abstoßenden Wert eingestellt werden.

Im Grenzfall starker Kopplung, im Bereich abstoßender Wechselwirkung (BEC Regime), kommt es zur Bildung von bosonischen Molekülen. Diese Moleküle werden durch Verdampfungskühlen in einer optischen Dipolfalle zu einem Bose-Einstein-Kondensat abgekühlt. Das molekulare Kondensat dient als Ausgangspunkt zur Untersuchung des Gases bei unterschiedlicher Wechselwirkung.

Im Grenzfall schwacher Kopplung, im Bereich anziehender Wechselwirkung (BCS Regime), können sich, bei entsprechend tiefen Temperaturen, Cooper-Paare bilden. Ein Paar zeichnet sich in diesem Fall dadurch aus, dass die beiden Fermionen, die das Paar bilden, entgegengesetzte Impulse besitzen. Außerdem ist die Bildung der Cooper-Paare ein Vielteilcheneffekt und mit der Formierung der Paare geht das Gas in einen suprafluiden Zustand, ähnlich einem BEC, über. Ist die Temperatur im Bereich schwacher Kopplung jedoch nicht tief genug, kommt es zu keiner Paarbildung und man erhält ein entartetes Fermigas ohne Paare.

Für die Untersuchung der Eigenschaften des ultrakalten Gases wird Absorptionsabbildung verwendet. Damit ist es möglich die Dichteverteilung des Gases sowie die Anzahl der Atome bzw. der Moleküle zu bestimmen. Das verwendete Abbildungssystem hat den Vorteil, dass die Frequenz des Probestrahls über einen weiten Bereich verstimmt werden kann und somit die Atomwolke direkt bei angelegtem Magnetfeld abgebildet werden kann. Der Aufbau des Lasersystems für den Probestrahl ist in der vorliegenden Diplomarbeit beschrieben.

Im Einzelnen wurde damit die Ausdehnung der Wolke im Übergangsbereich zwischen BEC und BCS Regime bestimmt und gezeigt, dass der Übergang von einem BEC zu einem entarteten Fermigas adiabatisch und reversibel verläuft. Weiters wurde die Frequenz kollektiver Schwingungsmoden der Wolke in Abhängigkeit der Kopplungsstärke untersucht und mittels RF-Spektroskopie die Paarbildungsenergie bestimmt.

Der Vergleich der erzielten Ergebnisse mit dem von der Theorie erwarteten Verhalten des Gases zeigt, dass sich die suprafluide Phase vom BEC Regime bis in den Bereich des stark wechselwirkenden Fermigases erstreckt.