

Zusammenfassung

In der vorliegenden Diplomarbeit wird gezeigt, wie mit Hilfe eines Magnetfeldes die Wechselwirkung zwischen stoßenden Atomen in einem ultrakalten, fermionischen ${}^6\text{Li}$ Gas kontrolliert werden kann. In der quantenmechanischen Streutheorie lässt sich die Wechselwirkung zwischen stoßenden ultrakalten Teilchen durch einen einzigen Stoßparameter, die Streulänge a , beschreiben. Einfach gesagt, beschreibt der Betrag der Streulänge die Stärke der Wechselwirkung und ihr Vorzeichen, ob die Wechselwirkung anziehend oder abstoßend ist. Wir benutzten eine sogenannte Feshbach-Resonanz, um die Streulänge der Atome kontinuierlich zwischen $-\infty$, 0 und $+\infty$ durchzustimmen.

Beobachtet wird das Thermalisierungsverhalten einer Atomwolke von ${}^6\text{Li}$ -Atomen in einer Dipolfalle durch elastische Stöße. Da bei Fermionen aufgrund des Pauliprinzips Stöße zwischen identischen Fermionen bei geringen Stoßenergien stark unterdrückt sind, werden die Atome in die beiden niederenergetischsten Spinzuständen präpariert. Dieses Spingemisch zeigt eine besonders breite Feshbach-Resonanz bei ca. 810 Gauss. Damit lassen sich sehr hohe elastische Streuquerschnitte und Stoßraten zwischen den Atomen einstellen, die von uns benutzt wurden, um ein sehr effizientes Verdampfungskühlen durchzuführen.

Zum Fangen des Spingemischs setzen wir eine Dipolfalle ein, deren Frequenz gegenüber der Lithium Resonanzfrequenz weit verstimmt ist. Für eine angemessene Fallentiefe von 1 mK wird die Intensität des Fallenlasers in einem optischen Resonator überhöht. Zum Laden der Dipolfalle mit kalten Atomen dient eine magneto-optische Falle. Nach Einschalten des homogenen Magnetfeldes ändert dessen Einfluss den Stoßquerschnitt der Atome, und das Gas produziert durch elastische Stöße "heiße" Teilchen mit Energien größer der Fallentiefe, welche aus der Falle entweichen. Die verbleibenden Atome thermalisieren weiter zu tieferen Temperaturen. Dieser Prozess ist als "Evaporation" bekannt. Der Teilchenverlust aus der Dipolfalle erfolgt um so schneller je größer die Stoßrate.

Die Beobachtung der Evaporation ist eine probate Methode um die Streulänge zu messen. Verschwindet z.B. bei einem Magnetfeld die Streulänge, so findet keine Evaporation statt und Temperatur sowie Teilchenzahl in der Dipolfalle bleiben unverändert. Auf diese Weise konnten wir den Nulldurchgang der s -Wellen-Streulänge für das ${}^6\text{Li}$ -Spingemisch zu $530(3)$ Gauss bestimmen.

Die vorliegende Arbeit bildet nun einen guten Ausgangspunkt, mittels Verdampfungskühlung in ein sehr interessantes Regime vorzudringen, mit dem eine Reihe spannender Experimente durchgeführt werden können. Dazu gehört z.B. die Produktion ultrakalter Moleküle und das Erreichen der Quantenentartung des Fermigases.