

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde erstmals die Bose-Einstein-Kondensation (BEC) von ^{133}Cs erreicht. Durch evaporative Kühlung in einer optischen Falle wird ein Kondensat im absoluten Grundzustand ($F = 3, m_F = 3$) erzeugt.

Cäsium zeigt einzigartige Streueigenschaften, die die Erzeugung eines Bose-Einstein-Kondensates lange verhindert haben. In zahlreichen Experimenten weltweit wurde viel Wissen über diese Eigenschaften gesammelt. Im Entwurf des hier vorgestellten experimentellen Aufbaus wurden diese vorhandenen Ergebnisse genutzt, um die speziellen Probleme im Umgang mit Cäsium zu vermeiden und seine besonderen Eigenschaften zur Erreichung des BEC einzusetzen.

Zwei CO_2 -Laser mit einer Leistung von je 100 W formen eine schwache quasi-elektrostatische optische Dipolfalle, die in Verbindung mit einem magnetischen Levitationsfeld ausschließlich den absoluten inneren Grundzustand der Cs-Atome fängt, wodurch eine vollständige Spinpolarisation sichergestellt ist. Die Unterdrückung inelastischer Zweikörper-Verluste in diesem System wurde in ersten Experimenten genutzt, um detaillierte Messungen zu Dreikörper-Rekombinationsraten bei großen Streulängen durchzuführen [Web03b]. Die Möglichkeit, durch ein magnetisches Feld die Streulänge a einzustellen, erlaubte erstmals die experimentelle Bestätigung der theoretisch vorhergesagten Skalierung der Rekombinationsrate mit a^4 . Der in der Theorie enthaltene Skalierungsfaktor wurde zu $n_1 C = 225$ bestimmt. Dieser Wert stimmt im Rahmen der Fehlergrenzen mit den Vorhersagen überein.

Ein entscheidendes Ergebnis aus den Messungen zur Dreikörper-Rekombination ist die Beobachtung von Rekombinationsheizen. In einer Erweiterung des experimentellen Aufbaus wurde eine optische Mikrofalle implementiert, in der die Auswirkungen des Rekombinationsheizens vermieden werden. Gleichzeitig erlaubt die Mikrofalle effiziente evaporative Kühlung durch Absenken des optischen Potentials. Nach Optimierung des Evaporationspfades durch Einstellung einer geeigneten Streulänge wurde bei einer kritischen Temperatur von 50 nK der Phasenübergang zum BEC mit bis zu 16000 Atomen im Kondensat beobachtet [Web03a].

In ersten Experimenten zeigt sich die starke Abhängigkeit der inneren Energie des Kondensates vom magnetischen Feld. Durch Einstellung verschiedener Streulängen werden implodierende, explodierende und nicht wechselwirkende "eingefrorene" Kondensate erzeugt. In Expansionsmessungen wurde eine mittlere kinetische Energie von bis hinunter zu $\frac{1}{2}k_B \cdot (220 \pm 100)$ pK gemessen.