

## Zusammenfassung

In einem Bose-Einstein Kondensat (BEC) aus Cäsium besteht die Möglichkeit, die Wechselwirkung zwischen den Atomen abzustimmen. Diese außergewöhnliche Eigenschaft entsteht durch die Kopplung an zahlreiche molekulare Zustände und durch das daraus resultierende Spektrum von Feshbach-Resonanzen bei einfach zugänglichen Magnetfeldern. In dieser Arbeit wurde ein BEC aus Cäsium-Atomen erzeugt, dessen Abstimmbarkeit in neuartigen Experimenten mit kondensierten Atomen und in der Erzeugung von ultrakalten  $\text{Cs}_2$ -Molekülen angewendet wird.

Zur Erzeugung des BECs verwenden wir optische Dipolfallen, um die Vorteile der Abstimmbarkeit auszunutzen. Mit einer Folge von zwei optischen Fallen erreichen wir sowohl gute Ladebedingungen als auch effiziente evaporative Kühlung. Die erste Falle wird durch zwei gekreuzte  $\text{CO}_2$ -Laser erzeugt. Das großvolumige Fallenpotential ist bestens geeignet, um eine große Zahl lasergekühlter Atome zu laden und dient als Reservoir für den nächsten Schritt: Ein stark fokussierter Laserstrahl erzeugt eine Mikrofalle im großvolumigen Fallenpotential. Diese Falle bietet die Möglichkeit einer effizienten Evaporation durch Absenken der Laserleistung des fokussierten Strahls. Mit dieser Strategie haben wir das erste Cäsium Bose-Einstein Kondensat realisiert. Durch eine Optimierung des Lade- und Evaporationsvorgangs können wir BECs mit mehr als  $10^5$  Atomen erzeugen, die einen idealen Ausgangspunkt für weiterführende Experimente darstellen. Wir zeigen die Abstimmbarkeit der Selbstwechselwirkung des Kondensats in Expansionsmessungen bei verschiedenen Streulängen. Durch Expansion am Nulldurchgang der Streulänge erzeugen wir ein „gefrorenes“ Kondensat mit einer fast verschwindenden Expansionsenergie von 50 pK.

Wir erzeugen ultrakalte Moleküle durch eine Magnetfeldrampe über eine Feshbach-Resonanz. Dadurch werden Atome aus dem BEC in den gebundenen molekularen Zustand überführt, der die Resonanz erzeugt. Um Moleküle und Atome räumlich zu trennen, legen wir ein magnetisches Gradientenfeld in vertikaler Richtung an. Durch eine umgekehrte Magnetfeldrampe können wir die Moleküle wieder in Atome dissoziieren. Eine Abbildung der resultierenden Atome ergibt einen direkten Rückschluss auf die Dichteverteilung der reinen molekularen Wolke. Indem wir die Stärke des Gradientenfeldes anpassen, können wir die Schwerkraft für die Moleküle exakt kompensieren und zusätzlich das molekulare magnetische Moment präzise bestimmen. Die dadurch ermöglichten langen Beobachtungszeiträume erlauben uns die Messung sehr geringer Expansionsenergien, die die Annahme einer Quantenentartung der molekularen Wolke nahe legen. Eine genauere Untersuchung des Erzeugungsprozesses führt zu einer verbesserten Magnetfeldrampe mit einer Konversionseffizienz von 30%, drei Mal höher als bisher mit konventionellen Rampen erreicht wurde. Wir können durch die Ausnutzung vermiedener Kreuzungen zwischen molekularen Zuständen die Moleküle in andere gebundene Zustände überführen. So ist es uns sogar möglich, Zustände mit hohem Drehimpuls zu bevölkern. Erste Experimente zeigen, dass wir die Moleküle in der  $\text{CO}_2$ -Laser Falle fangen können. Dies ist richtungweisend für die Realisierung eines gefangenen molekularen BECs.