

## Bachelor-/Masterarbeit in experimenteller Quantenoptik

Düsseldorf, 27. 8. 2013

### Hochauflösende Spektroskopie an HD<sup>+</sup> - das Wasserstoffatom der Molekülphysik

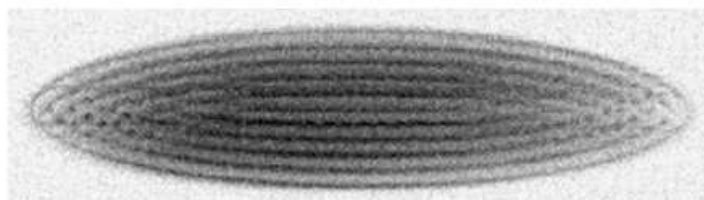
Nachdem auf dem Gebiet der Quantenoptik kalte, gasförmige Atome routinemäßig untersucht werden, hat sich als neues Forschungsgebiet das der kalten Moleküle entwickelt. In unserer Arbeitsgruppe verfolgen wir seit Langem die Kühlung und Speicherung von Molekülionen und haben unseren Fokus auf ein hochinteressantes System gesetzt: die Wasserstoffmolekülionen. Sie faszinieren durch ihre relative Einfachheit, denn sie besitzen nur ein Elektron, das die beiden einfachen Atomkerne aneinander bindet. Dennoch besitzen sie wesentliche Eigenschaften von Molekülen.

Es ist eine hervorragende theoretische Leistung, dass die Eigenschaften dieser Molekülklasse mit sehr hoher Genauigkeit berechnet werden können. Somit ergibt sich die Möglichkeit, experimentelle Messungen mit theoretischen Vorhersagen zu vergleichen. Daraus folgen Anwendungen wie die hochgenaue spektroskopische Bestimmung des berühmten Massenverhältnisses  $m_p/m_e \approx 1836$ . In früheren Arbeiten haben wir Messungen durchgeführt, die diese Konstante mit einer relativen Ungenauigkeit von  $(2 - 4) \times 10^{-9}$  bestimmt haben (Koelemeij et al, 2007, Bressel et al, 2012).

Ziel der Masterarbeit, die von einem DFG-Projekt gefördert wird, ist es, erstmals die Spektroskopie an kalten, gespeicherten Molekülionen qualitativ so zu erweitern, dass der Dopplereffekt unterdrückt wird. Trotz der niedrigen Temperatur der Ionen (0.01 Kelvin) spielt er immer noch eine dominante Rolle in der optischen Spektroskopie. Dazu haben wir zwei Ansätze, die implementiert werden sollen.

Der erste Ansatz basiert auf Terahertz-Rotationspektroskopie. Hier ist die Wellenlänge der Strahlung größer als die räumliche Ausdehnung der Ionenbewegung in der Falle. Der zweite Ansatz ist die optische zwei-Photonenspektroskopie. Hierbei absorbiert das Molekülion gleichzeitig zwei Photonen, die aus entgegengesetzter Richtung eintreffen, und die Dopplerverschiebung jedes einzelnen Photons heben sich auf.

Die zentralen Schritte im Projekt sind die Optimierung der Präparation der Moleküle in einem einzelnen Quantenzustand, die Integration der Strahlungsquellen in das Experiment, die stabile Einkopplung der Strahlen, die Optimierung der Datenaufnahmeprozesses, und die Datenaufnahme selbst. Der Vergleich der Daten mit den theoretischen Rechnungen, die wir zum Teil selbst durchführen, schließt die Arbeit ab.



**Abbildung:** Fluoreszenz von Berylliumionen, die lasergekühlt werden (Negativabbildung; Länge: 1 mm). Ihre Temperatur beträgt ca. 10 MilliKelvin. Die Molekülionen werden in dieses kalte Atomionenensemble hinzugefügt und werden daraufhin spektroskopisch angeregt.



Stephan Schiller