

## Kurzzusammenfassung

Moleküle sind wichtige Botenstoffe zur Erkundung der Geschichte, Struktur und Evolution des Universums. In dieser Arbeit beleuchte ich die Bedeutung von hochauflösender Spektroskopie im Labor und im All, und die symbiotische Verbindung zwischen Laborspektroskopie und Radioastronomie. Meine Arbeit besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil behandelt die hochauflösende Spektroskopie instabiler Moleküle im Labor. Der zweite Teil beschäftigt sich mit radioastronomischen Beobachtungen von deuterierten Molekülen in interstellaren Dunkelwolken.

$\text{CO}^+$  ist das Kation des zweithäufigsten Moleküls im Weltall, Kohlenmonoxid, und gilt als gutes Indikator-Molekül ("tracer") in sogenannten photonendominierten Gebieten (PDRs, "photon dominated regions"). In dieser Arbeit wurden die Rotationsspektren von  $\text{CO}^+$ ,  $^{13}\text{CO}^+$ , und  $\text{C}^{18}\text{O}^+$  in den Vibrationszuständen  $v = 0$  und  $1$  im Submillimeter-Wellenlängenbereich gemessen. Zusätzlich wurden zum ersten Mal Terahertz (THz)-Spektren des Hauptisotopomers aufgenommen. Die gewonnenen Daten wurden an ein isotopen-invariantes Modell angepasst, und unabhängige Molekülparameter wurden bestimmt. Die gemessenen und für höhere Frequenzen mit Hilfe des Modells berechneten  $\text{CO}^+$  Übergangsfrequenzen können für neue astronomische Beobachtungen verwendet werden. Hochauflösende spektroskopische Untersuchungen an Ionen sind nicht leicht durchzuführen. Ionen sind instabile, reaktive Moleküle, die in situ bei kryogenen Temperaturen durch eine Gleichstrom-Entladung erzeugt werden müssen. Basierend auf einer neuen kryogenen Entladungs-Absorptionszelle wurde in dieser Arbeit ein Labor-Experiment zur Erzeugung und spektroskopischen Untersuchung von Ionen entwickelt und im Anschluss charakterisiert. Der neue experimentelle Aufbau liefert im Vergleich zu einer zuvor für die Messungen an  $\text{CO}^+$  verwendeten Version deutlich reproduzierbarere Ergebnisse, da in der neuentwickelten Entladungszelle ein besseres Vakuum erreicht werden kann, und sie ausserdem eine verbesserte Temperaturkontrolle ermöglicht. Der neue Aufbau wird präsentiert, und mögliche zukünftige Verbesserungen und Erweiterungen werden diskutiert.

Doppelt deuteriertes Cyclopropenyliden ( $c\text{-C}_3\text{D}_2$ ) wurde zum ersten Mal im All entdeckt, in den Dunkelwolken TMC-1C und L1544. Die Chemie interstellarer deuterierter Moleküle ist eng mit den frühen Phasen der Sternentstehung verbunden. Die Entdeckung neuer Indikator-Moleküle, wie  $c\text{-C}_3\text{D}_2$ , ist Voraussetzung zur Untersuchung der dort ablaufenden Prozesse. Es wurden ausserdem Rotations-Linien des Hauptisotopomers,  $c\text{-C}_3\text{H}_2$ , sowie des einfach deuterierten  $c\text{-C}_3\text{HD}$ , und des einfach substituierten  $c\text{-H}^{13}\text{CC}_2\text{H}$  detektiert. Linien von  $c\text{-C}_3\text{D}_2$  wurden mit einem hohen Signal-zu-Rausch-Verhältnis beobachtet, grösser als  $7.5 \sigma$  in TMC-1C und  $9 \sigma$  in L1544. Das Verhältnis von  $c\text{-C}_3\text{D}_2$  zu  $c\text{-C}_3\text{H}_2$  wurde in beiden Quellen zu etwa  $1\%$  bestimmt. Die Entdeckung von  $c\text{-C}_3\text{D}_2$  und die seiner Bildung zugrundeliegenden chemischen Prozesse werden in dieser Arbeit diskutiert.

Die beobachteten interstellaren Häufigkeiten von  $c\text{-C}_3\text{D}_2$  können allein durch Gasphasen-Prozesse erklärt werden. Dadurch wird die Vermutung unterstützt, dass  $c\text{-C}_3\text{H}_2$  sich hervorragend als Indikator-Molekül zur Untersuchung von Deuterierungs-Prozessen in der Gasphase eignet.  $l\text{-C}_3\text{HD}$ , das einfach deuterierte Isotopomer des linearen Isomers von Cyclopropenyliden, Propadienyliden, wurde eventuell in denselben Dunkelwolken entdeckt. Es

wurde jeweils nur eine Rotationslinie detektiert. Um diese Detektion durch die Beobachtung einer weiteren Linie zu bestaetigen wurde ein Antrag auf Beobachtungszeit am IRAM 30m Teleskop gestellt. Wenn die Identifizierung bestaetigt wird, waere es die Erstdetektion dieses Molekuelns im interstellaren Medium. Das beobachtete Verhaeltnis von  $l\text{-C}_3\text{HD}$  zu  $l\text{-C}_3\text{H}_2$  liegt bei etwa 50% in TMC-1C und etwa 30% in L1544. Diese Deuterierungsrate waere die hoechste bisher im All gemessene, so dass eine Bestaetigung starke Bedingungen an die interstellare Deuteriums-Chemie stellen wird.