

Zusammenfassung

Die verschiedenen Komponenten des interstellaren Mediums (ISM) werden kontinuierlich geheizt. Die zugeführte Energie stammt aus verschiedenen Quellen, zum Beispiel aus der Strahlung junger und massereicher Sterne. In Photon-Dominierten Regionen (PDR) bestimmt die interstellare fern-ultraviolett (FUV; 6-13.6 eV) Strahlung die Energiebilanz des ISMs sowie die chemischen Abläufe. PDRs bilden sich folglich in verschiedenen astrophysikalischen Szenarien, beispielsweise in den äußeren Schichten angestrahlter Molekülwolken. In Abhängigkeit von den Eigenschaften dieser Wolken ist es möglich, dass sich in deren dichtesten, eingebetteten Regionen Sterne bilden. Um die Wechselwirkung zwischen FUV Strahlung und Sternentstehung zu verstehen ist es notwendig detailliertes Wissen über die physikalischen Gegebenheiten und die intrinsische Struktur des ISMs in Molekülwolken und PDRs zu gewinnen.

Die Emissionen durch Feinstrukturlinien von Atomen und Ionen, und Rotations- und Vibrationslinien von Molekülen, dominieren die Kühlung des Gases. Das KOSMA- τ PDR Modell dient der Simulation der chemischen und physikalischen Struktur und der Linienemissionen von kugelsymmetrischen Wolken (“Klumpen”) im ISM.

In dieser Dissertation wird der KOSMA- τ PDR Code verwendet um Übergänge von atomarem zu molekularem Wasserstoff zu simulieren. Die Eigenschaften dieser Übergänge werden durch den Parameter αG bestimmt. αG wird durch das Verhältnis von FUV Fluss auf der Klumpenoberfläche zu Klumpendichte festgelegt. Für die Klumpen werden einige Größen numerisch bestimmt, darunter ihre HI Säulendichten sowie die H₂ Massenanteile. Diese Größen werden mit analytischen Formeln aus Sternberg et al. (2014) sowie mit Ergebnissen von McKee & Krumholz (2010) verglichen. Eine erweiterte Definition für “kritische Klumpen” wird vorgeschlagen, bei welcher, für ein festes αG aber veränderliche Klumpengrößen, der kritische Klumpen die größte HI Säulendichte zwischen Mittelpunkt und Oberfläche aufweist. Die numerischen Ergebnisse folgen den analytischen Formeln und unterstützen die erweiterte Definition von kritisch. Für kleine αG weichen die Ergebnisse allerdings etwas voneinander ab.

Beobachtungen legen nahe, dass das ISM unter der Verwendung von fraktalen Strukturen modelliert werden kann. Außerdem wurde gezeigt, dass die Simulation des ISMs durch eine Überlagerung von kugelsymmetrischen Klumpen mit einem speziellen Massenspektrum einer speziellen Massen-Größen Relation möglich ist. Das resultierende Ensemble aus dichten Klumpen ist im Allgemeinen in ein dünneres Interklumpenmedium eingebettet.

In dieser Dissertation stelle ich eine Erweiterung des KOSMA- τ Codes vor. Diese wird mit KOSMA- τ 3D bezeichnet und kann verwendet werden um Sternentstehungsregionen mit beliebiger dreidimensionaler Geometrie zu mo-

dellieren. Dazu wird eine 3D Struktur aus einzelnen Voxeln (“3D Pixel”) generiert, welche Klumpen-Ensemble mit einer diskreten Massenverteilung enthalten. Die Ensemble-Eigenschaften können zwischen verschiedenen Voxeln variiert werden. Es wird ein wahrscheinlichkeitstheoretischer Ansatz verwendet um die, durch die Klumpen verursachte, FUV Extinktion für jedes Voxel zu berechnen. Um die einzelnen Klumpen zu analysieren wird der neue Code mit dem KOSMA- τ PDR Modell kombiniert. Die Linienintensitäten und optischen Tiefen der einzelnen Klumpen werden verwendet um die Voxel-gemittelten Intensitäten und optischen Tiefen zu berechnen und der Strahlungstransport durch die Struktur stellt positions- und geschwindigkeitsaufgelöste Modell-Daten zur Verfügung. Hierbei berücksichtigt der neue Code die intrinsischen Linienbreiten der einzelnen Klumpen, sowie die Geschwindigkeitsdispersion der Klumpen-Ensembles.

Die Orion Bar PDR, eine bekannte Sternentstehungsregion mit hoher Leuchtkraft und einer interessanten Geometrie, bei der der Beobachter eine “Seitenansicht” erhält, wird als ein Testfall für den neuen 3D Code verwendet. Neue HIFI/*Herschel* Datensätze aus dem “HEXOS guaranteed-time key program” sowie komplementäre Datensätze vom *Caltech Submillimeter Observatory* (CSO) werden ausgewertet.

Des Weiteren präsentiere ich Simulationsergebnisse denen die von Hogerheijde et al. (1995) vorgeschlagene Geometrie, bei welcher der Orion Bar als die klumpige Außenwand einer Aushöhlung in der Molekülwolke verstanden wird, zugrunde liegt. Außerdem werden Simulationen einer zylinderförmigen Filament-Geometrie diskutiert. Simulationen und Beobachtungen werden mit Hinblick auf die gegeneinander verschobenen Positionen der Emissionsmaxima verschiedener Linienübergänge, und die linienintegrierten Intensitäten an diesen Positionen, verglichen. Die meisten PDR Modelle scheitern daran diese Kombination zu reproduzieren. Die Analyse der verschiedenen Modelle zeigt, dass in der Seitenwand ein großer Anteil der Gesamtmasse in Klumpen enthalten sein muss. Die Eigenschaften des Interklumpenmediums werden über die FUV Eindringtiefe festgelegt. Außerdem kann ein Modell in welchem die Gesamtmasse der Klumpen und des Interklumpenmediums in allen Voxeln identisch ist, die Positionen der Emissionspeaks nicht reproduzieren. Statt dessen müssen die dichten Klumpen von der PDR Oberfläche entfernt werden. Die Anzahl der Voxel auf der Sichtlinie in Richtung Beobachter, entlang der inneren Wand der Aushöhlung, darf nicht signifikant kleiner sein als entlang anderen Sichtlinien. Eine stark geneigte Seitenwand oder die zylindrische Geometrie versagen daher. Das am besten angepasste Modell reproduziert die integrierten Linienintensitäten von vielen simulierten Kühllinien mit einer Faktor vier Genauigkeit und die Positionen der Emissionsmaxima innerhalb von 0.02 pc (oder besser).