interferometrischen Beobachtungen mit dem SMA. Anhand der Kontinuumsstrahlung bei der beobachteten Wellenlänge von 880 Mikrometern bestimmten die Forscher nun die Massen von drei zirkumstellaren Scheiben. Kontinuumsstrahlung rührt von Körpern einer bestimmten Temperatur her – und auch die Staubkörner der protoplanetaren Scheiben sind solche Körper. Sie emittieren Photonen verschiedener Wellenlänge wie ein Schwarzer Körper. Die Intensitätskurve zeigt dabei einen glatten Verlauf ohne Emissions- und Absorptionslinien. Das Maximum der Emission liegt gemäß dem wienschen Verschiebungsgesetz (siehe »Zum Nachdenken«) bei einer bestimmten, von der Temperatur abhängigen Wellenlänge.

Die Messungen ergaben 0,045 Sonnenmassen für die Scheibe 216-0939, 0,066 Sonnenmassen für die Scheibe 253-1536a und 0,018 Sonnenmassen für die Scheibe 253-1536b. Zur Überraschung der Forscher sind die beiden Erstgenannten massereicher als alle anderen bisher bekannten Scheiben im Orionnebel: Die Verteilung der Scheibenmassen setzt sich also auch im Orionnebel zu größeren Werten hin fort!

Keine Massenobergrenze im Orionnebel

Die in der Nähe des zentralen Trapezhaufens beobachtete Massenobergrenze ist offenbar eine Folge der intensiven Strahlung der Trapezsterne im Herzen des Orionnebels. Sie sind Teil eines jungen dichten offenen Haufens von rund tausend Sternen innerhalb eines Gebiets von nur rund vier Lichtjahren Ausdehnung. Vor allem der hellste Trapezstern, die Komponente C des Vierfachsystems Theta 1 Orionis, ist eine Quelle intensiver Strahlung. Diese Komponente ist wiederum ein Doppelstern. Nach jüngsten Messungen von Stefan Kraus vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie und Kollegen mit dem Interferometer AMBER am Very Large Telescope weist das Doppelsternsystem eine Gesamtmasse von etwa 44 Sonnenmassen auf, und die Oberflächentemperaturen der beiden Komponenten liegen bei rund 39 000 und 33 000 Kelvin. Ihr Spektraltyp liegt demgemäß bei O5 bis O7, und die Photonen ihres energiereichen ultravioletten Strahlungsfelds lassen die Materie in den Außenbezirken der Scheiben im Orionnebel verdampfen und begrenzen so deren Größe und Masse. θ^1 Ori C ist für die Scheiben also ein unangenehmer Nachbar!

Ein Doppelproplyd

Die beiden protoplanetaren Scheiben 253-1536a und 253-1536b im Außenbereich des Orionnebels sind Partner in einem Doppelsternsystem. Die massereichere Scheibe, 253-1536a, erstreckt sich über 0,75 Bogensekunden. Dies entspricht etwa 300 Astronomischen Einheiten. Ihr Winkelabstand zueinander beträgt 1,1 Bogensekunden. Der projizierte Abstand beträgt demgemäß nur 440 Astronomische Einheiten. Die beiden Zentralsterne des Doppelproplyds 253-1536 sind im Optischen sichtbar und besitzen Scheiben mit hinreichender Masse zur Bildung eines Planetensystems. Dieses Doppelproplydsystem ist das erste bekannte Exemplar seiner Art.

AXEL M. QUETZ

Literaturhinweis

Mann, R. K., Williams, H. P.: Massive protoplanetary disks in Orion beyond the Trapezium Cluster. In: The Astrophysical Journal Letters 699, S. 55 – 58, 2009.

Mann, R. K., Williams, H. P.: The circumstellar disks mass distribution in the Orion Trapezium Cluster. In: The Astrophysical Journal Letters 694, S. 36 – 40, 2009.

Kraus, S., et al.: Tracing the young massive high-eccentricity binary system θ^1 Orionis C through periastron passage. In: Astronomy & Astrophysics 497, S. 195 – 207, 2009.

ZUM NACHDENKEN

Proplyds im Orion

Im Orionnebel sind mehr als 200 zirkumstellare Scheiben gefunden worden. Die im nebenstehenden Bericht beschriebenen Beobachtungen sind Gegenstand der folgenden Betrachtungen.

Aufgabe 1: Das James-Clerk-Maxwell-Teleskop auf dem Mauna Kea kann mit Hilfe des Bolometerarrays SCUBA Aufnahmen bei der Wellenlänge $\lambda_{\mathrm{JCMT}} = 450\ \mu\mathrm{m}$ erstellen. Die Messung der massereichen Scheiben im Orionnebel mit dem Submillimeter Array (SMA), ebenfalls auf dem Mauna Kea, erfolgte bei der Wellenlänge $\lambda_{\mathrm{SMA}} = 880\ \mu\mathrm{m}$. Das wiensche Verschiebungsgesetz, $\lambda = 2897{,}8\ \mu\mathrm{m\ K}/T$, gibt die zu einer bestimmten Temperatur gehörende Wellenlänge des Strahlungsmaximums an. Man bestimme mit seiner Hilfe die zu den Wellenlängen λ_{JCMT} und λ_{SMA} passenden Temperaturen T_{JCMT} und T_{SMA}.

Aufgabe 2: Welche Auflösung erreicht das SMA bei der Beobachtungswellenlänge λ_{SMA} unter Verwendung der beiden Basislängen $b_1 = 70$ m und $b_2 = 508$ m? Das Auflösungsvermögen δ_{min} ergibt sich bei der Beobachtungswellenlänge λ aus: $\delta_{\mathrm{min}} = (180°/\pi) \cdot (\lambda/b)$.

Aufgabe 3: Die Masse der protoplanetaren Scheiben lässt sich mit Hilfe von

$$M_{\mathrm{Scheibe}} = \frac{F_{\mathrm{Staub}}\, d^2}{\varkappa_\nu\, B_\nu(T)}$$

bestimmen. Darin ist $d = 400$ pc $= 1300$ Lj die Distanz des Orionnebels, $\varkappa_\nu = 0{,}1\ (\nu/1000\ \mathrm{GHz})\ \mathrm{cm^2/g}$ ist die Opazität der Staubteilchen unter Berücksichtigung eines Gas-zu-Staub-Verhältnisses von 100 : 1. Wellenlänge und Frequenz sind durch $\lambda \cdot \nu = c$ (Lichtgeschwindigkeit $c = 3{\cdot}10^8$ m/s) miteinander verknüpft. Die Strahlungsdichte des Staubs ist $B_\nu(T) = (2\,h\,\nu^3/c^2)\ /\ (\exp(h\,\nu/k\,T) - 1)$, mit $\exp(\alpha) = \mathrm{e}^\alpha$, $h = 6{,}626{\cdot}10^{-34}$ J s und $k = 1{,}38{\cdot}10^{-23}$ J/K. Die bei 880 μm gemessene Intensität ist F_{Staub}. Man ermittle für die beiden massereicheren Scheiben 216-0939 und 253-1536a aus der Abbildung links den Maximalwert für F_{Staub} anhand der weißen Isophoten. Die jeweils äußere Isophote steht für 5,0 mJy (253-1536) beziehungsweise 6,5 mJy (216-0939), und zwischen benachbarten Isophoten liegt der Faktor 1,5 ($1\ \mathrm{Jy} = 10^{-26}\ \mathrm{W\,Hz^{-1}\,m^{-2}}$). AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. September 2009** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: (+49|0) 62 21–52 82 46. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern **Preise** verlost: siehe Seite 107.