

wie Licht an den Staubteilchen in unterschiedliche Richtungen gestreut wird. Ausgangspunkt ist hierbei nicht die elektromagnetische Strahlung des Zentralsterns, die im Millimeter-Wellenlängenbereich sehr schwach ist, sondern das von den Staubteilchen selbst emittierte thermische Leuchten.

Licht weist normalerweise zufällig verteilte Schwingungsebenen auf, wobei jedes Photon in seiner eigenen Ebene schwingt – das Licht ist unpolarisiert. Durch Streuprozesse entsteht aus der anfangs unpolarisierten Strahlung jedoch teilpolarisiertes Licht und letztlich – abhängig von der Form und der Größe der

beteiligten Teilchen – ein charakteristisches Polarisationsmuster. Dem Team von Kataoka ist es nun zum ersten Mal gelungen, die Struktur der Polarisation einer protoplanetaren Staubscheibe im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium mit einer enormen Genauigkeit aufzulösen. Dies gelang ihnen durch Beobachtungen mit ALMA, dem Atacama Large Millimeter/submillimeter Array in den chilenischen Anden. Mit vorherigen Instrumenten war es lediglich möglich, solche Strukturen auf größeren Skalen abzubilden, zum Beispiel für die noch in einer Hülle eingebettete Scheibe um einen Protostern.

Interpretiert wurden die Polarisationsdaten bisher meist im Rahmen von Magnetfeldern, an denen sich längliche Staubteilchen ausrichten können. Streuprozesse wurden dagegen jedoch nicht berücksichtigt. Dank der hohen Empfindlichkeit von ALMA ist es nun sogar möglich geworden, solch geringe Polarisations-signale mit einem Verhältnis von polarisierter zu unpolarisierter Strahlung kleiner als ein Prozent zu messen.

Als Untersuchungsobjekt wählten die Astronomen den Stern HD 142527, der bereits ein beliebtes Zielobjekt vieler früherer Beobachtungen war und durch seine asymmetrischen Strukturen in der Schei-

ZUM NACHDENKEN

Staub in protoplanetaren Scheiben



Staub und Gas in zirkumstellaren Scheiben um junge Sterne sind der Stoff, aus dem sich die Planeten bilden. Dabei ist das Massenverhältnis von Staub zu Gas etwa eins zu neun. Nach neuen Erkenntnissen aus Polarisationsmessungen im Submillimeterbereich durch das Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, ALMA, liegt die Größe der als kugelförmig gedachten Staubteilchen in der protoplanetaren Scheibe um den Stern HD 142527 bei bis zu $d_{\text{Partikel}} = 150 \mu\text{m}$. Das ist um ein bis zwei Größenordnungen kleiner als es bisherige Modelle forderten, bei denen Teilchen von Millimeter- und sogar Zentimetergröße erwartet wurden. Allerdings sprechen die neuen Messungen nicht gegen größere Partikel mit einem geringen Füllungsgrad in der Gegend von vielleicht einem Promille.



Die protoplanetare Scheibe um den jungen Stern HD 142527 besteht zu etwa zehn Prozent aus Staub, der Rest ist Gas (künstlerische Darstellung). Der Staub weist eine asymmetrische Verteilung auf.

Aufgabe 1: Die ringförmige Scheibe um HD 142527 hat einen Radius von $r_S = 173 \text{ AE}$, gemessen in der Mitte des Rings (siehe Bild). Ihre radiale Ausdehnung ist $w_S = 27 \text{ AE}$ und ihre mittlere Dicke liegt bei $h_S = 19 \text{ AE}$. Eine mögliche Neigung der Scheibe gegen die Himmelsebene sei hier vernachlässigt. Aus Modellrechnungen folgt die Flächendichte des Staubs in der Scheibe zu $\Sigma_{\text{Staub}} = 0,6 \text{ g/cm}^2$. Wie groß ist die Masse M_S der Scheibe? Man vergleiche mit der Sonnenmasse $M_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

Aufgabe 2: Wie groß ist die Masse eines Staubteilchens der Größe $d_{\text{Partikel}} = 150 \mu\text{m}$, wenn seine mittlere Dichte $\rho_{\text{Partikel}} = 3,5 \text{ g/cm}^3$ beträgt?

Aufgabe 3: Wie viele Staubteilchen N_{Partikel} enthält die Scheibe unter der Annahme einheitlicher Größe d_{Partikel} ?

Aufgabe 4: a) Wie groß ist das mittlere Ringvolumen V_{Partikel} in dem sich ein einzelnes Teilchen findet? Man gebe das Ergebnis in der Einheit m^3 an. **b)** Wie groß ist die Anzahldichte n_{Partikel} der Staubteilchen?

Aufgabe 5: Welcher mittlere Abstand a_{Partikel} der Teilchen zueinander folgt aus dem Ergebnis von Aufgabe 4?

Aufgabe 6: Wie groß ist die mittlere Ringfläche F_{Partikel} , in der sich ein einzelnes Teilchen findet?

Aufgabe 7: Wie groß ist die Flächendichte f_{Partikel} der Teilchen? Man gebe das Ergebnis in $1/\text{m}^2$ an. AXEL M. QUETZ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **7. Juli 2017** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377.

PDF: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 93