

ZUM NACHDENKEN

Staub in Galaxien



Offenbar gibt es eine Tendenz, dass junge Galaxien einen im Vergleich zu ihrer Sternmasse höheren Staubgehalt aufweisen als ältere Galaxien. Welcher Mechanismus dies bewirkt, ist noch nicht geklärt. So bilden sich einerseits nach einer Supernova-Explosion in deren expandierendem Überrest Staubpartikel, aber andererseits zerstören die schnellen Stoßwellen der Explosion kleine Staubteilchen in der Umgebung. Eine weitere Brutstätte von Staub sind die recht kalten und dichten Molekülwolken. Deren Hauptbestandteil ist zwar molekularer Wasserstoff, aber insbesondere in dichten Klumpen, in denen sich auch Sterne bilden, kommen große Mengen sichtbares Licht blockierenden Staubes vor.

Aufgabe 1: Ein Team um Darko Donevski von der Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) in Triest gab in einer kürzlich veröffentlichten Forschungsarbeit den Trend für die mittlere Staubmasse in staubhaltigen sternbildenden Galaxien (DSFG, dusty star-forming galaxies) in Abhängigkeit von der Rotverschiebung an zu:

$$\lg(M_{\text{Staub}}/M_{\odot}) = 0,052z + 8,8.$$

a) Man berechne aus dieser Trendlinie die Staubmassen $M_{0,5}$ und $M_{5,5}$ für die

Grenzen des untersuchten Rotverschiebungsbereichs $0,5 \leq z \leq 5,5$. b) Um wie viel Prozent hat die Staubmasse in den DSFGs bei $z = 0,5$ im Zuge der kosmischen Entwicklung gegenüber dem Wert bei $z = 5,5$ abgenommen?

Aufgabe 2: Donevski und sein Team untersuchten auch, ob es bei den DSFGs ihrer Studie eine Abhängigkeit des Verhältnisses der Staubmasse M_{Staub} zur stellaren Masse M_{\star} mit dem Alter der Galaxien gibt, also in Abhängigkeit von z . Das ist im Groben eher nicht der Fall. Als Medianwert für das Verhältnis fanden sie bei Galaxien der Hauptsequenz, also solchen Sternsystemen mit vergleichsweise geringer Sternentstehungsrate, $\mu_{\text{HS}} = (M_{\text{Staub}}/M_{\star})_{\text{HS}} = 0,006$, und für Galaxien mit heftiger Sternentstehung (englisch: starburst) ermittelten sie $\mu_{\text{SB}} = (M_{\text{Staub}}/M_{\star})_{\text{SB}} = 0,017$. a) Wie viel Masse $M_{\star,0,5/5,5,\text{HS/BS}}$ an Sternen ergibt sich daraus für die vier Fälle? b) Wie vergleicht sich das mit der stellaren Masse unseres (heutigen) Milchstraßensystems, wenn diese zu $M_{\text{G}} = 5 \cdot 10^{11} M_{\odot}$ angenommen wird?

Aufgabe 3: Aus der Masse M_{\star} der Sterne in einer Galaxie und der Rate SFR (englisch: star formation rate), mit der sich dort Sterne bilden, lässt sich eine Zeitskala τ_{SF} für den Sternentstehungsprozess berechnen:

$$\tau_{\text{SF}} = M_{\star}/SFR.$$

Welche Zeitskalen ergeben sich für $SFR_{\text{HS}} = 40 M_{\odot}/\text{a}$ im Fall von $M_{\star,5,5,\text{HS}}$ und $SFR_{\text{SB}} = 1640 M_{\odot}/\text{a}$ für $M_{\star,5,5,\text{SB}}$? Welcher Wert folgt bei der jetzigen Sternentstehungsrate unserer Galaxis, die bei $1,6 M_{\odot}/\text{a}$ liegt? AXEL M. QUETZ

Ihre Lösungen senden Sie bitte an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. E-Mail: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einsendeschluss ist der 7. Mai 2021. Alle Leser, die bis einschließlich des Maihefts 2021 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt; siehe S. 95. Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf Seite 11! Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.

Bei ihrer Analyse unterschieden die Forscher zudem zwei Arten von Galaxien, die sie als Hauptsequenzgalaxien und als Starburstgalaxien bezeichnen. Letztere zeichnen sich durch eine besonders hohe Sternentstehungsrate aus. Doch egal, ob Hauptsequenz oder Starburst, stets ließ sich das beobachtete Verhältnis von Staub zu Sternmasse nur dann erklären, wenn die Forscher zusätzlich zur Produktion in Supernova-Überresten das Wachstum der Staubpartikel in Molekülwolken berücksichtigten. Entscheidend hierbei sind eine hohe Dichte und ein hoher Gehalt an Metallen in diesen Wolken. Beides müsste so hoch sein, dass sich auch neue Staubkörnchen bilden können: »Wie schon andere Gruppen vor uns, kommen auch wir zu einem Schluss: Der in Supernova-Wolken erzeugte Staub könnte die gesamte Staubkonzentration in diesen Galaxien selbst dann nicht erklären, wenn die Partikel die nächsten paar Milliarden Jahren allen weiteren Supernova-Stoßwellen entgingen«, ergänzt Darko Donevski.

Vollständig gelöst ist das Staubproblem der DSFGs also noch nicht – belegt doch die neue Forschungsarbeit abermals die Notwendigkeit einer weiteren Quelle für Staub beziehungsweise dessen Wachstum. Und auch auf die eingangs gestellte Grundfrage liefert sie keine Antwort, wie auch Donevski eingesteht: Was nämlich hat die enorme Sternentstehung (und damit das Bilden von Staub) in frühen Galaxien überhaupt ausgelöst? Das ist und bleibt eine wichtige Frage der modernen Astronomie.

JAN HATTENBACH ist Physiker und Amateurastronom. Auf seiner Blogseite www.himmelslichter.net schreibt er über alles, was am Himmel passiert.

ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



368 Seiten. Preis: 25 €. Bestell-Link:

<https://amzn.to/2sIYh6L>

Literaturhinweise

Donevski, D. et al.: In pursuit of giants.

I. The evolution of the dust-to-stellar mass ratio in distant dusty galaxies.

Astronomy and Astrophysics 644, 2020

Driver, S. P. et al.: GAMA/G10-COSMOS/3D-HST: the $0 < z < 5$ cosmic star formation history, stellar-mass, and dust-mass densities. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 475, 2018

W I S Didaktische Materialien:

www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1051383