Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 79 (2021)
Heft: 2

Artikel: Wie können wir eigentlich das Alter der Sonne bestimmen?
Autor: Baer, Thomas
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1049422

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Eine elementare Frage erfordert eine komplexe Antwort

Wie können wir eigentlich das Alter der Sonne bestimmen?

Manchmal sind es ganz banale Fragen, bei denen, sobald man sie zu beantworten versucht, leicht ins Grübeln kommt. Nicht anders ist es bei der Frage nach der Altersbestimmung unserer Sonne. Dazu müssen wir uns ein bisschen mit der Entstehung von Sternen beschäftigen und werden aber nicht darum herumkommen, auf der Suche nach einer Antwort auch andere Methoden anzuwenden.

Text: **Thomas Baer**

Unsere Sonne ist ein vergleichbar kleiner Stern unter Milliarden von Sternen, die unsere Galaxie, die Milchstrasse, formen. Doch unser Lebensspender war nicht seit jeher da, sondern durchläuft, wie jeder Stern, eine Evolution, die für ihn spezifisch ist. Um herauszufinden, wie alt die Sonne ist, in welchem «Lebensabschnitt» sie sich derzeit befindet und wie sie sich weiter entwickeln wird, machen wir einen kurzen Exkurs in die Entstehung und Entwicklung von Sternen und kommen der eigentlichen Frage nach und nach auf die Spur.

Der Raum zwischen den Sternen, wie im letzten ORION-Beitrag *«Nicht alle Galaxien entfernen sich»* beschrieben, mag uns unheimlich leer vorkommen, doch das Universum hat durchaus eine Struktur; nur ist die Materie keineswegs homogen verteilt. Damit Sterne entstehen können, müssen dichte und kühle Molekülwolken vorhanden sein. Den ersten Nachweis solcher Wolken erbrachten *Caroline Herschel* und ihr berühmter Bruder *Wilhelm*, als sie auf eine scheinbar sternenlose Gegend im Sternbild Skorpion stiessen und richtig vermuteten, dass hier eine interstellare Wolke das Licht der dahinterliegenden Sterne verbirgt. Erst der holländisch-amerikanische Astronom *Bartholomeus Jan Bok* äusserte um die Mitte des 20. Jahrhunderts die Vermutung, dass es sich bei den dunklen Wolken vor der Kulisse der leuchtenden Gase eines Emissionsnebels um Orte der Sternentstehung handeln könnte. Es sind noch keine eigentlichen Sterne, sondern Gebiete, in denen die Moleküle verdichtet auftreten.

Heute ist die Natur solcher Molekülwolken bekannt. Wie der Name verrät, bestehen sie zu rund 70 % aus molekularem Wasserstoff (H_2), umgeben von neutralen

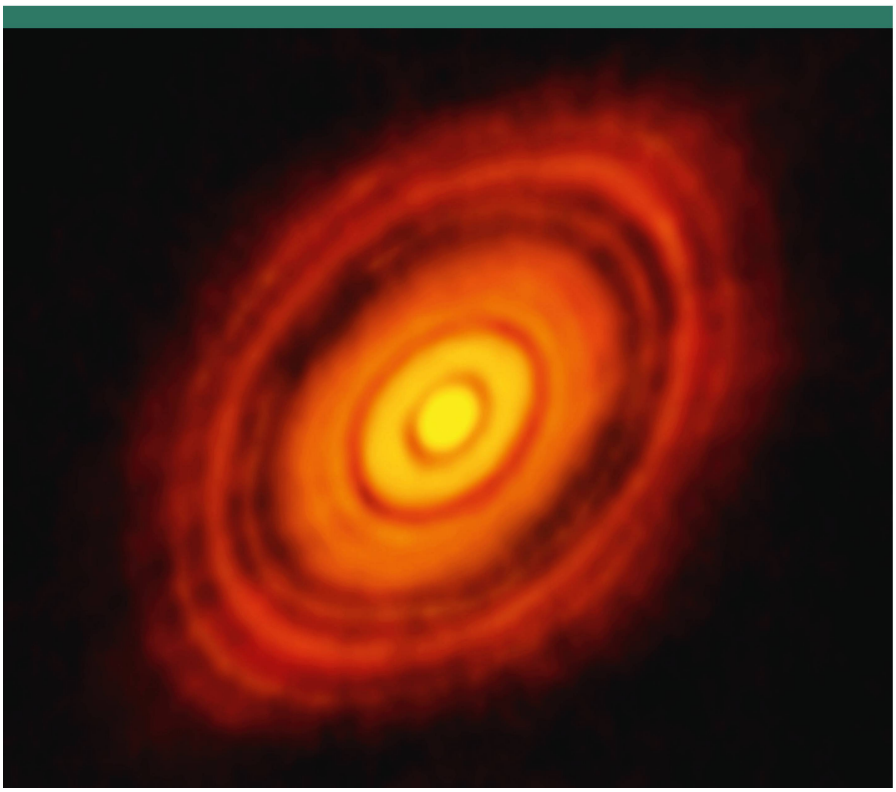

Abbildung 1: Dies ist das schärfste Bild, das jemals von ALMA aufgenommen wurde. Es zeigt die protoplanetare Scheibe um den Stern HL Tauri .

Bild: ALMA

Abbildung 2: Dieser 2 Lichtjahre lange dunkle Nebel, der aufgrund seiner suggestiven Form informell als «Finger Gottes» oder «Gottes Vogel» bezeichnet wird, befindet sich im Carina-Nebel. In solchen Gebilden können neue Sterne entstehen.

Bild: NASA, ESA

Wasserstoffatomen (H-I). Auch andere Moleküle sind zu finden. Der Staubanteil beträgt nur etwa 1 %. Molekülwolken finden wir ausschliesslich in den Spiralarmen von Galaxien. Ihre Dichte beträgt etwa 100 H_2-Moleküle pro cm^3. Riesenmolekülwolken haben Ausdehnungen von bis zu 150 Lichtjahren und bringen es auf bis zu 106 Sonnenmassen! Allerdings gibt es isoliert auch wesentlich «leichtere» Wolken, die nicht einmal hundert Mal so «schwer» wie die Sonne sind. Innerhalb einer Molekülwolke sind die Dichteverhältnisse sehr verschieden. Erst wenn im Kern einer solchen Wolke eine kritische Masse überschritten ist, kommt es unweigerlich zu einem Kollaps. Was folgt, ist eine Kontraktion. Die Moleküle stürzen in Richtung Kern, wodurch die Verdichtung stetig zunimmt. Ist der Kern etwa auf die Grösse des dreifachen Jupiterbahnradius angewachsen, fallen die Moleküle nur noch in den Aussenbezirken in Richtung Kern, während der Kollaps im Innersten vorübergehend stoppt, wenn sich das hydrostatische Gleichgewicht einstellt, also jener Moment, in dem sich der nach aussen gerichtete Strahlungsdruck und die nach innen gerichtete Schwerkraft die Waage halten. Schockwellen heizen aber das Zentrum weiter auf. Diese Phase kann gegen 10'000 Jahre dauern, bis die Temperatur ausreicht, um Wasserstoffmoleküle in ihre Einzelatome zu spalten. Bei diesem Vorgang wird allerdings so viel Energie benötigt, dass der Kern, der hauptsächlich nur aus Wasserstoffatomen besteht, erneut instabil wird und ein zweites Mal kollabiert. Der Kern wächst auf etwa die anderthalbfache Sonnengrösse an; aus dem prästellaren Kern ist nun ein Protostern, ein Vorstadium eines Sterns, entstanden, um den herum noch immer eine protoplanetare Scheibe rotiert.

PROTOSTERNE

Obwohl ein Protostern schon einige 1'000 °C heiss ist, können wir ihn noch nicht sehen. Zu dicht ist die ihn umgebende Staubwolke. Allerdings heizt er die Molekülwolke von innen her auf, was die Staubteilchen allmählich verdampfen und damit gasförmig werden lässt. Selbst in diesem Stadium «regnet» noch Materie aus der Hülle in Richtung Protostern. Die weitere Verdichtung, in der Fachsprache spricht man von der Hauptakkretionsphase, führt zu einem Drehimpuls der Materie. Protostern, Staub und Gase beginnen immer schneller zu rotieren, vergleichbar mit einer Eiskunstläuferin, die eine Pirouette voll-

führt. Oft können sich so auch Doppel- oder Mehrfachsternsysteme bilden, oder, wie im Falle unseres Sonnensystems, eine zirkumstellare oder protoplanetare Scheibe, in der Gas- und Staubwolken um den heranwachsenden Zentralstern herumwirbeln.

AUF SPURENSUCHE

Im ersten Moment scheint es doch nicht so schwierig zu sein, eine Antwort auf das Alter der Sonne zu geben, denn auch unser Zentralgestirn bildete sich aus einer kollabierenden Wolke interstellarer Materie. Aus demselben Material formten sich auch sämtliche Körper, die noch heute um die Sonne schwirren, also nicht bloss nur die grossen Planeten, sondern auch sämtliche Klein- und Kleinstkörper. So betrachtet, müssen wir bei der Altersfrage gar nicht zwingend bei der Sonne anfangen, denn näherungsweise können wir sagen; sämtliche Materie, aus der sich das Sonnensystem formte, hat dasselbe Alter!

Doch welche Körper eignen sich für eine verlässliche Altersbestimmung? Die Spurensuche führt uns gewissermassen in die «Schutthalde» unseres Sonnensystems, zu den Asteroiden und den Kometen, denn sie sind die Relikte aus den Anfängen, gewissermassen im Urzustand verblieben. So mag es wenig erstaunen, dass in der Planetenforschung vermehrt solche kleinen Himmelskörper in den Fokus rücken, denn Oberflächenproben kann man im Labor oder direkt vor Ort (Hayabusa-Mission / Rosetta-Mission) analysieren und daraus das Alter bestimmen. Die chemischen Elemente treten in ganz bestimmten Verhältnissen auf, aber auch radioaktive Bestandteile kommen vor. Diese haben einen Einfluss auf die Zusammensetzung, sprich, durch den radioaktiven Zerfall entstehen im Laufe der Jahrmillionen und Jahrmilliarden neue Elemente. Bei der Analyse dieser Zerfallsprodukte schlüpfen die Planetenforscher fast in die Rolle von Detektiven, indem sie aus den Halbwertszeiten das Alter eines Meteoriten oder einer Bodenprobe ablesen können. Diese Methode der Altersbestimmung ist uns ja auch aus der Archäologie bekannt (C_{14}-Methode). Der einzige Unterschied bei der Altersbestimmung von Bodenproben ist, dass wir es hier mit Elementen zu tun haben, die extrem langsam zerfallen und auch nach Milliarden von Jahren noch immer nachgewiesen werden können. Aber genau dies ist unser Glück! Die Sonne können wir ja nie vor Ort untersuchen. Wir sind also auf diese indirekte Methode angewiesen.

Das älteste Material, das in unserem Sonnensystem nachgewiesen werden konnte, ist rund 4.6 Milliarden Jahre alt. Unsere Sonne ist etwas davor entstanden; aber die paar Millionen Jahre fallen da in der Endabrechnung wohl kaum ins Gewicht. Die Altersbestimmung bei anderen Sternen ist ungleich komplizierter, aber das wäre einen eigenen Beitrag wert. <

Sie wählen aus – wir berichten

In der Rubrik «Nachgedacht – nachgefragt» greifen wir astronomische Fragen von Leserinnen und Lesern auf. In jeder ORION-Ausgabe schlagen wir neu drei Themen vor, über die auf der ORION-Website via QR-Code (oben) abgestimmt werden kann. Die Frage mit den meisten Stimmen wird im nächsten Heft behandelt. Zur Auswahl für ORION 3/21 stehen folgende Themen:

- Haben Gasplaneten wie Jupiter und Saturn eine feste Oberfläche (bzw. einen festen Kern)?
- Ist es möglich, dem Mars eine neue Atmosphäre zu geben?
- Wie misst man ohne Meeresspiegel die Höhen von Bergen auf terrestrischen Planeten?

Abbildung 3: Hier sammelt die Raumsonde OSIRIS-REx Gesteinsproben des Asteroiden 101955 Bennu ein.

Bild: NASA