


Nadja Riahi

Die Zukunft der Sonne



Sie ist ein Symbol für das Leben, den Tages- und Nachtzyklus und die Göttlichkeit. Wir finden sie in Literatur, Musik und bildender Kunst. Und sie begleitet uns jeden Tag. Die Sonne ist das Zentrum des Sonnensystems. Das wusste schon der Astronom Nikolaus Kopernikus (1473-1543), der mit seiner Theorie das neue heliozentrische Weltbild begründete: „In der Mitte von allen (Planeten) aber hat die Sonne ihren Sitz.“ – bis dato hatte man geglaubt, dass die Erde im Mittelpunkt des Weltalls sei. Seitdem hat sich viel getan; die meisten Beobachtungen werden mittlerweile vom Weltraum aus gemacht.

Ein Blick in die Physik hinter der Sonne.



„Um uns über die Entstehung der Sonne zu unterhalten, müssen wir das gesamte Sonnensystem betrachten. Im Universum gab und gibt es Wolken, aus denen Sterne entstehen. So auch die Sonne und in weiterer Folge unsere Planeten“, erklärt Manuela Stadlober-Temmer. Sie ist assoziierte Professorin für Astrophysik an der Universität Graz mit den Forschungsschwerpunkten Sonnen- und Heliosphärenphysik sowie Weltraumwetter.

Es beginnt mit einer Wolke. Diese wird aus unterschiedlichen Gründen instabil und beginnt zu kollabieren. Das Resultat: Ein Anstieg der Temperatur und Verdichtung der Materie. Ab etwa zehn Millionen Grad Celsius Innentemperatur passiert etwas Fundamentales: Die Kernfusion tritt ein. Sie ist der Motor eines Sterns, also auch der der Sonne. Sie erzeugt aus Materie Energie. Das wusste übrigens schon Einstein. 99% der kollabierenden Materie findet sich in der Sonne wieder. Das restliche Prozent verteilt sich auf die Planeten rundherum. Wir kennen die Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Wer sich erinnert, weiß, dass es früher in der Familie noch den kleinen Bruder Pluto gab, der 2006 verstoßen wurde. Der Grund: Pluto hat nicht mehr die Kriterien erfüllt, um als Planet zu gelten.

„Das Ganze spielte sich vor circa 4,5 Milliarden Jahren ab und verzeichnet den Beginn des Sonnensystems“, so Stadlober-Temmer. Übrigens: Die Frage, ob wir die Einzigen im Universum sind, beschäftigt die Menschen nach wie vor. Mit Hilfe modernster Technik wurden bis dato etwa 5400 Exoplaneten – so nennt man um andere Sterne kreisende Planeten – entdeckt. „Ob sich dort Leben entwickelt hat, ist schwer zu sagen“, sagt Stadlober-Temmer.

Einfach wäre es nicht: Ein zu geringer Abstand zur Sonne würde durch die enorme Strahlung und Hitze mögliches Leben erschweren. Doch auch eine zu große Distanz und die daraus entstehende Kälte würden nicht die optimalen Bedingungen liefern. In der „grünen“ Zone rund um einen Stern, der sogenannten habitablen Zone, wäre der richtige Ort, um nach extrasolarem Leben zu suchen. Zudem müsse aber das System alt genug sein, schließlich entsteht intelligentes Leben nicht von heute auf morgen. „Es wäre überheblich zu sagen, dass wir die Einzigen im Universum sind. In der Fülle an Systemen, die wir bereits entdeckt haben, gibt es sicher irgendwo auch Leben“, erklärt die Astrophysikerin.

Leichte und schwere Elemente

Das häufigste Element im Universum ist der Wasserstoff. Demnach bestehen auch die Sterne und unsere Sonne zu knapp 75% aus diesem Element. Etwa 24% der Sonnenmasse setzt sich aus Helium zusammen. Das restliche Prozent besteht aus schweren Elementen. „In der Astrophysik wird alles, was schwerer als Helium ist, als ein Metall bezeichnet“, so Stadlober-Temmer.

Aber zurück zur Sonne: Wie schafft es die Sonne, in 30 Minuten mehr Energie auf die Erde zu schicken, als alle Menschen zusammen in einem Jahr verbrauchen? Die Antwort: Kernfusion.

Im Kernfusionsprozess wird Wasserstoff zu Helium umgewandelt. Um das zu verstehen, müssen wir uns den Aufbau der Sonne ansehen. „Die Kernfusion startet im Inneren der Sonne – im Kern. Rundherum befindet sich die Strahlungszone, in der die erzeugte Energie nach außen transportiert wird. Darüberliegend findet man die Konvektionszone, bei der ein Wärmeaustausch stattfindet“, erklärt Stadlober-Temmer.

Die Konvektion – ein Begriff aus der Physik – besagt, dass warme Schichten auf- und kalte Schichten absinken. „Den obersten Teil der Konvektionszone können wir von der Erde aus beobachten und nennen wir auch Photosphäre, wo auch die Sonnenflecken sichtbar sind.“ Tiefer in die Sonne können wir aufgrund ihrer Beschaffenheit und ihrem Aufbau nicht blicken. Wie umgehen Astrophysiker:innen dieses Problem? „Seismologische Messungen kennen wir auf der Erde von Erdbeben, Ähnliches machen wir auch mit der Sonne“, sagt Stadlober-Temmer.

Nudeln und Lagerfeuer



Diese sichtbare Fläche sei Stadlober-Temmer zufolge vergleichbar mit kochendem Spaghettiwasser. Bevor das Wasser blubbert, sieht man in der noch ruhenden Oberfläche sich bildende Wirbel. Das heiße Wasser in der Nähe des Topfbodens erwärmt sich und steigt auf, während das kühlere Wasser der Oberfläche absinkt. Nachdem die Spaghetti ins Wasser gegeben wurden, blockieren sie den Wärmetransport des Wassers. Im Bild der Sonne wären die Spaghetti die Magnetfelder der Sonne. Die Blockade des Wärmetransports führt zu einer Abkühlung der Sonnenoberfläche, die dadurch dunkler zum Rest erscheint: Ein Sonnenfleck ist geboren. Eine Ebene darüber befindet sich die Chromosphäre. „Über spezielle Filter sieht man dort besondere Flare-Ereignisse, vergleichbar mit Lichtblitzen“, sagt Stadlober-Temmer.

In der umliegenden Übergangsregion vermerkt man einen sprunghaften Anstieg der Temperatur auf mehrere Millionen Grad Celsius. Wie kann es sein, dass es heißer wird, obwohl wir uns von der Wärmequelle, dem

Kern, entfernen? „Wenn ich mich etwa von einem Lagerfeuer wegbewege, wird es kühler, nicht heißer. In der Sonne geht es hier aber mit den Temperaturen stark nach oben“, so Stadlober-Temmer.

Wer eine physikalische Erklärung parat hat, könnte sich den nächsten Nobelpreis verdienen. Denn das Heating-Problem der Sonne, also der rasante Temperaturanstieg, ist eines der ungelösten Probleme der Wissenschaft. Der Strahlenkranz – im Fachjargon Korona genannt – bildet den atmosphärischen Abschluss der Sonne und ist nur bei einer Sonnenfinsternis gut beobachtbar.

Welchen Einfluss hat die Zeit auf die Sonne?



„Die Sonne hat – wie alle anderen Sterne – einen Lebenszyklus. Sie ist im Moment im besten mittleren Alter – ohne Midlife Crisis. Im Prinzip ist der Wasserstoff-Vorrat noch gut gefüllt und die Sonne wird die nächsten Milliarden Jahre vermutlich ähnlich funktionieren. Wie viele Jahre das genau sein werden, wissen wir aktuell nicht“, gibt Stadlober-Temmer einen Einblick.

Was Astrophysiker:innen jedoch wissen: „Ein Typ Stern, wie die Sonne, wird sich – wenn zu wenig Wasserstoff vorhanden ist – weiterentwickeln. Also momentan wird Wasserstoff zu Helium fusioniert, später fusioniert Helium selbst noch weiter“, sagt Stadlober-Temmer. Und dann? „Im Grunde kennen wir das auch von Autos: Wenn wenig Benzin vorhanden ist, dann kann der Motor auch mal stottern. Ähnliches erwarten wir auch von der Sonne, aber auf Reserve wird sie erst ab etwa zwei Milliarden Jahre fahren“, fährt sie fort.

Das Erscheinungsbild der Sonne bleibt dabei nicht unangetastet: Die Sonne wird bei knappem Wasserstoffvorrat größer und bläht sich zu einem roten Riesenstern auf. Das liegt daran, dass durch das erbrütete Helium im Kern die Temperatur schlagartig steigt und die Gravitation nicht entgegenhalten kann. Die Leuchtkraft erhöht sich und die Sonne wird rot, da sich die Temperatur durch die größere Oberfläche besser verteilt und abkühlt. Die inneren Planeten werden dabei durch dieses immense Wachstum zum Teil der Sonne zum Opfer fallen: „Vermutlich werden mindestens Merkur und Venus verschluckt, das heißt, die Oberfläche der Sonne wird sich so weit aufblähen, dass die Planeten darin enthalten sind“, schildert Stadlober-Temmer und ergänzt: „Ob es bis zur Erde kommt, wissen wir nicht ganz, ist aber ab diesem Zeitpunkt aufgrund des hohen Temperaturanstiegs auf der Erde vermutlich völlig egal.“

Wie endet die Geschichte der Sonne? Mit einem stillen Knall: Die Sonne stößt ihre äußeren Hüllen ab und endet als sogenannter weißer Zwergstern. „Wir alle wissen, was mit einem Luftballon passieren wird, wenn man ihn für längere Zeit in der Ecke liegen lässt. Er wird schrumpfen. Ähnliches wird auch mit der Sonne passieren, sie wird als weißer Zwerg nachglühen. Das Sonnensystem, wie wir es heute kennen, wird dann nicht mehr existieren und es wird uns in zwei oder drei Milliarden Jahren alle nicht mehr geben. Da kann man ruhig deterministisch denken. Vor einer Milliarde Jahre wird jedoch nichts passieren.“ Planet Hopping, also der Umzug auf andere Planeten werde uns auch nicht retten. Stadlober-Temmer wisse nicht, wie das mit dem jetzigen Stand der Technik zu bewerkstelligen wäre.

△ Alle Jahre wieder

Die Sonne hat auch einen kurz-periodischen Zyklus, der ihre Aktivität beschreibt. Dieser dauert zwischen neun bis 14 Jahren, im Schnitt sind es elf Jahre. Derzeit befindet sich die Sonne in einem Maximum, das heißt, dass besonders viele Phänomene beobachtet werden können. Eine höhere Aktivität bedeutet aber auch, dass die Ausbrüche auf der Sonnenoberfläche an Stärke zunehmen und auch das Geschehen auf der Erde beeinflussen können. Zwar sind wir auf der Erdoberfläche durch die Atmosphäre und das Magnetfeld geschützt, allerdings trifft das nicht auf Satelliten und andere Instrumente im Weltall zu. Diese können bei stärkerer Sonnenaktivität Schäden davontragen.

Hat die Aktivität der Sonne auch einen Einfluss auf das Erdklima? Stadlober-Temmer erklärt: „Natürlich hat die Sonne einen Einfluss auf die Temperaturen eines Planeten, das ist klar. Ohne unsere Erdatmosphäre wäre es relativ kalt bei uns. Seit gut 60 Jahren besitzen wir Satelliten, die die Strahlung der Sonne analysieren und es zeigt sich, dass die Schwankungen der Sonne das Erdklima im Mittel um Zehntel Grad Celsius beeinflussen.“

Konkret bedeutet das also, dass man vor Mitte des 20. Jahrhunderts die Schwankungen der Sonne am Erdklima erkennen kann, danach nimmt der menschengemachte Klimawandel Überhand und die Daten klaffen auseinander. Das Ganze findet nicht sofort, sondern mit einem Delay-Effekt statt.

Welche Rolle spielen wir, wenn es um die Sonne geht? Können wir Menschen die Zukunft der Sonne irgendwie verändern? „Nein. Das ist ein großer Fehler, dass wir immer glauben, schlauer als die Natur zu sein“, stellt Stadlober-Temmer abschließend klar. •←



