

Liebe Leserin, lieber Leser,

wer hätte das gedacht? „134340 Pluto“, kleiner als unser Mond, und in der Kälte des Kuipergürtels seine Bahn ziehend, ist kein trister Eiskloß. Der Zwerg ist „rege“. Was sich da alles den Augen von New Horizons offenbarte: Teile der Oberfläche sind jung, sie weisen kaum Einschlagkrater ein, und von „plutonischen“ Kräften künden kilometerhohe Eisberge aus hartgefrorenem Wasser, Berge, die von „Softeis“ aus gefrorenem Stickstoff, Kohlenmonoxid und Methan umflossen werden. Hier ist unübersehbar gestalterischer Elan am Werk! Anders als beim Erdmond, ist ein Gesteinskern in einen Mantel aus flüchtigen Stoffen (hauptsächlich Wassereis) eingepackt. Umkreiste uns Pluto und nicht der Mond, wir erlebten nächtens einen Kometen mit Schweif! Man muss sich fragen, woher Winzling Pluto die Energie nimmt. In früheren Zeiten dürfte, wie beim Triton, Gezeitenreibung eine Rolle gespielt haben. Inzwischen vollführen beide, sowohl Pluto als auch Charon, eine gebundene Rotation, beide wenden einander stets die gleiche Seite zu, d. h., die Gezeitenreibung hat ihr Werk bereits vollendet. Wärme aus dem Zerfall radioaktiver Elemente könnte beim Verströmen ins All mechanische Arbeit leisten, sofern der Temperaturunterschied zwischen Innen und Außen hoch genug ist. Wegen des Pluto Kleinheit ist das aber eher unwahrscheinlich.

Pluto und Konsorten werden uns weiterhin beschäftigen!

Vor 40 Jahren, Ende August 1975 war der Sternenhimmel irritierend anders. Unweit vom Deneb zeigte sich ein „neuer“ Stern: die Nova V1500 Cygni. Die sie zuerst sahen, waren, wie üblich, Japaner. (Der Grund: Östlich von Japan dürfte es über Tausende von Kilometern kaum einen Amateurastronomen geben, der den Himmel überwacht.) Es war die hellste bei uns sichtbare Nova des vergangenen Jahrhunderts. Ein magnetischer weißer Zwerg hatte seine Helligkeit kurzzeitig um 19 Größenklassen angehoben. Dem entspricht eine Steigerung der Leuchtkraft um das 40-Millionenfache! Nach wenigen Tagen war der Sternenhimmel wieder, wie man ihn kennt.

Augustmeteore zuhauf wünscht den Lesern des Kosmos-Boten

Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im August

Venus taucht gegen Monatsende gegen 5 Uhr MESZ in der Morgendämmerung als schmale Sichel auf. Zuvor muss sie allerdings noch an der Sonne vorbei. Das geschieht am 15. August (untere Konjunktion). Sie ist dann der Erde mit 43 Millionen Kilometern am nächsten – und daher am größten (fast eine Bogenminute). Zu sehen ist sie nicht: Sie kommt der Sonne auf 8° nahe, und Neuenus bietet uns ihre Schattenseite¹ dar.

Saturn beendet seine Oppositionsschleife, d. h., er wandert wieder rechtläufig unter den Sternen und geht am Monatsende bereits gegen 23 Uhr MESZ unter.

Zwar wird um Mitternacht, vom 8. auf den 9. August, der Aldebaran vom Mond bedeckt, leider gibt dieser den Stern just in dem Moment frei, zu dem er aufgeht.

Mitte August herum werden wieder Sternschnuppenwünsche wahr. Das Perseidenmaximum wird für die Nacht vom 12. auf den 13. erwartet. Die Erde kreuzt die Trümmerspür des Kometen 109P/Swift-Tuttle. Diesmal stört kein Mond den Anblick fallender Sterne. Neumond ist am 14. August.

Der Rosetta-Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko und die Erde kommen einander am 23. August nahe. Von Nähe kann bei 1,768 AE oder 264 Millionen km allerdings die Rede kaum sein. (Mitte Februar nächsten Jahres kommt's zu einer Annäherung auf gar 222 Millionen km.) Bereits am 13. August durchrast der Komet den sonnennächsten Punkt seiner Bahn. Für den im Schatten gestrandeten Landeapparat Philae bedeutet dies Licht und für uns Hoffnung, doch noch an die gesammelten Daten heranzukommen.

AM-Herculis-Sterne

Pluto und Charon sind insofern ein Sonderfall im Sonnensystem, als dass – dank Gezeitenreibung – jeder der beiden dem jeweils anderen stets die gleiche Seite² darbietet. Bei engen Doppelsternen ist dies zu erwarten. Klassische Novae, wozu auch die Nova Cygni 1975 zählt, sind enge Doppelsterne. Sie sind von der Dimension her vergleichbar mit dem Erde-Mond-System.

¹Venus wendet uns bei Neuenus stets die gleiche Seite zu. Zufall?

²Im Falle des Erde-Mond-Systems werden noch Jahrmilliarden ins Land gehen bis Tages- und Monatslänge einander angeglichen haben – falls es jemals dazu kommt.

Im Falle der sog. AM-Herculis-Systeme betragen die Umlaufzeiten wenige Stunden nur. Unter diesen Umständen können die Partner nicht groß sein. Tatsächlich ist die Primärkomponente ein weißer Zwerg von etwa Erdgröße, und damit kaum größer als ein Punkt. Die Sekundärkomponente, ein roter Zwerg, füllt ihre gravitative Einflussosphäre vollständig aus. Sie kann sich nicht weiter vergrößern und verliert Materie. Sich zu einem Riesenstern aufzublähen, ist ihr verwehrt. Der weiße Zwerg profitiert vom Masseverlust des eiförmig verformten Begleitsterns. Aus Gründen der Drehimpulserhaltung sammelt sich die überströmende Materie normalerweise zunächst in einer Gasscheibe um den weißen Zwerg an. Fachleute sprechen von einer Akkretionsscheibe. Diese rotiert nach den Keplerschen Gesetzen: innen schneller als außen. Reibung³ zwischen unterschiedlich schnell rotierenden Scheibenpartien sorgt dafür, dass Drehimpuls umverteilt sowie gravitative Energie in Wärme umgewandelt und ins All veräußert wird. In dem Maße, in dem Scheibenmaterial Drehimpuls los wird, kann es zum weißen Zwerg strömen und sich dort ablagern. Ist der weiße Zwerg allerdings hinreichend magnetisch, d. h., übertrifft seine Magnetfeldstärke die des Erdmagneten um mindestens das Zwanzigmillionenfache, verhindert eine mächtige Magnetosphäre die Bildung einer Akkretionsscheibe. Das Zwischenspeichern von Materie unterbleibt. Stattdessen stürzt, dirigiert vom dipolaren Magnetfeld, Material vom Begleiter unmittelbar zu den beiden Magnetpolen des weißen Zwergs. In „tornadoartigen“ Akkretionssäulen fällt es auf die Magnetpole, beim Aufprall heiße Flecke erzeugend, die im Röntgenlicht strahlen. Erst durch diese Röntgenstrahlung ist man vor 40 Jahren überhaupt auf AM Herculis aufmerksam⁴ geworden. Dadurch, dass das elektrisch leitende Gas intensiv mit dem Magnetfeld wechselwirkt – Elektronen führen eine Spiralbewegung um die magnetischen Feldlinien aus –, entsteht Synchrotronstrahlung. Anders als Wärmestrahlung ist diese polarisiert, weshalb AM-Herculis-Sterne auch als *P o l a r e* bezeichnet werden. (Durch das starke magnetische Feld wird eine Vorzugsrichtung ausgezeichnet, die sich elektromagnetischen Wellen mitteilt. Anders als die Bienen mit ihren Facettenaugen haben wir Menschen keinen Sinn für polarisiertes Licht. Dafür haben wir Apparate.) Synchrotronstrahlung kannte man zwar von Radioquellen, aber nicht von Sternen. Sterne sind (nahezu) ideale Wärmestrahler. Der Doppelstern AM Herculis ist eine be-

³Vermutlich handelt es sich um magnetisch bedingte turbulente Reibung.

⁴Der optische Lichtwechsel vom AM Her war schon 1923 von dem Pionier der Astrofotografie, Max Wolf (1863–1932), in Heidelberg entdeckt worden.

merkwürdige Ausnahme und verständlicherweise ein Liebling der Veränderlichenforscher.

Kataklysmische Doppelsterne sind nicht immer aktiv. (Das Adjektiv ist von „Sintflut“ abgeleitet.) Zuweilen setzt der Massezustrom aus – bis sich wieder sturzartig Material vom roten über den weißen Zwerg ergießt.

Übrigens, die Natur hat Extremeres als AM-Herculis-Sterne *in petto*. Denkt man sich den magnetischen weißen Zwerg durch einen tausendfach kleineren Neutronenstern mit einem dynamo-generierten Magnetfeld ersetzt, hat man einen Magnetar, einen reinen Röntgenstrahler vor sich. Das sind nun wirklich die Supermagnete des Universums. Sie übertreffen an Stärke das heimische Magnetfeld um das Billiardenfache. Ihr Magnetfeld verformt selbst Atome bis zur Unkenntlichkeit.

Was passiert eigentlich mit dem Material, hauptsächlich Wasserstoff, was sich da im Laufe von Jahrzehnten auf dem weißen Zwerg ablagert? Hat sich eine kritische Masse davon angesammelt, einige Dutzend Erdmassen, kommt es zu thermonuklearen Reaktionen. Wasserstoff fusioniert zu Helium. Man kennt das von der H-Bombe. Es ist eine rasant sich ausdehnende heiße Explosionswolke, die den sichtbaren Helligkeitsausbruch einer Nova bewirkt. Im Grunde sind die thermonuklearen Capricen für den weißen Zwerg harmlos. Sie rütteln nicht an seinen Grundfesten, er wird nicht zerstört, wie bei einer Supernova vom Typ Ia, wo eine (Kohlenstoff-)Detonation beim Überschreiten eines naturgegeben Masselimits den ganzen weißen Zwerg erfasst und zersetzt. Bei einer Nova handelt sich lediglich um eine ephemere „Entzündung“ der „Zwergenhaut“. Hat sich die Lage beruhigt, lagert sich erneut Material vom Spenderstern auf dem weißen Zwerg ab . . . bis zum nächsten „Puff“.

Wie kommt's zum thermonuklearen *runaway*? Unsere Sonne verwandelt ebenfalls Wasserstoff zu Helium, ohne dass es deswegen jemals zu einer nuklearen Explosion gekommen wäre. Nun, das Gas des Sonnenballs ist, anders als der Stoff eines weißen Zwergs, der unter immensen Druck steht, nicht „entartet“. Wie von einem (idealen) Gas zu erwarten, wächst der Gasdruck im Innern der Sonne proportional zur Dichte und zur Temperatur. Letzteres wirkt stabilisierend. Übersteigt irgendwo im Sonneninnern die Kernfusionsrate mal den Wert, der sich im Gleichgewicht einstellt, wird es heißer, wodurch sich der Druck erhöht. Die Folge: Die betroffene Region dehnt sich aus, wodurch sie sich abkühlt. (Energie wird für Expansionsarbeit aufgewendet.) Die Temperatur fällt und mit ihr die Kernfusionsrate. Die Befürchtung, der Fusionsreaktor Sonne könne außer Kontrolle geraten, ist wegen der Temperatur-

abhängigkeit des Gasdrucks unbegründet. Die Kernfusionsreaktionen mögen schwanken, aber sie verlaufen letztlich auf „Sparflamme“. Dieser natürliche „Thermostat“ versagt bei einem weißen Zwerg. Bei Gasentartung hängt der Druck allein von der Dichte⁵ ab. (Er verschwindet also auch nicht bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt.) Wird es zufällig irgendwo zu heiß, reagiert das Gefüge des Sterns nicht darauf, und es wird noch heißer, weil die Kernreaktionen⁶ empfindlich mit zunehmender Temperatur anwachsen. Der Teufelskreis wird erst unterbrochen, wird bei Temperaturen um 10 Millionen Grad die Gasentartung aufgehoben. Plötzlich „spürt“ die Materie die Höhe der Temperatur, und es kommt zum explosionsartigen Abwerfen der Hülle.

Falls Ihnen das mit der „Entartung“ seltsam vorkommt: Die Festigkeit eines jeden Gegenstands beruht darauf. Liegen Atome, Moleküle dicht an dicht, spielt die Temperatur kaum eine Rolle. Auch auf Erden gilt: Maximal zwei Fermionen (Elektronen, Quarks, . . .) können im gleichen Energiezustand untergebracht werden. Auf dieser quantenphysikalischen Regel⁷ basiert jegliche Festigkeit. Sie ist der Zugang zum Verständnis des Periodischen Systems der Elemente und der kondensierten Materie.

⁵Im einfachsten Fall wächst der Druck mit der $5/3$ -Potenz der Dichte.

⁶Bei Novaausbrüchen dominiert eine Variante des CNO-Zyklus, auch Bethe-Weizsäcker-Zyklus genannt, die thermonukleare Energiefreisetzung. Dieser ist noch temperaturempfindlicher als die p-p-Reaktionen, die sich im Sonneninnern abspielen. Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O) und Stickstoff (N) wirken dabei lediglich als Katalysatoren. Der weiße Zwerg selbst besteht übrigens überwiegend aus C und O, den Reaktionsprodukten des „Helium-Brennens“, das sich im Vorgängerstern abspielte.

⁷Das Pauli-Verbot (1925) gilt nicht für Bosonen (Photonen, Mesonen, Deuteronen, ^4He -Kerne, . . .)! Deren Aufenthaltsbereiche lassen sich „überlappend“ zusammenquetschen. Für die experimentelle Realisierung eines Bose-Einstein-Kondensats, wo den Bosonen innerhalb der makroskopischen Ansammlung kein individueller Ort zusteht, gab's 2001 einen Physik-Nobelpreis. Ob so ein Kondensat Bosonensterne bilden kann, ist nicht bekannt.