

Liebe Leserin, lieber Leser,

die aktuelle Supernova in Messier 82, SN 2014 J, kommt dem Kosmos-Boten wie gerufen. Die Existenz von Supernovae wurde 1934, also vor 80 Jahren, von den Astronomen Walter Baade (1893–1960) und Fritz Zwicky (1898–1974) postuliert. (Am 8. Februar jährt sich Zwickys Todestag zum 40. Male.) Zumindest eine Sorte von Supernovae kündigt vom Zusammenbruch des Innern massereicher Sterne. (SN 2014 J zählt nicht dazu.) Dabei entsteht ein winziger Neutronenstern. Die Existenz von Neutronensternen wurde im nämlichen Jahr von dem Astronomenduo postuliert. Als Physiker sich der Neutronensterne annahmen – rein theoretisch, bis zur Entdeckung der Pulsare sollte noch über ein Vierteljahrhundert vergehen –, stellten sie fest, dass so ein Ding nicht allzu schwer sein kann. Was aber geschieht, gelingt es einem massereichen Stern nicht, vor seinem Ende hinreichend viel Masse loszuwerden? Ist der ultimative Kollaps unvermeidlich? Dieser Frage gingen Anfang 1939, also vor 75 Jahren, die Physiker J. Robert Oppenheimer (1904–1967) und George Volkoff (1914–2000) nach. (Volkoffs Geburtstag jährt sich im Februar zum 100. Male.)

M 82, die Zigarrengalaxie, befindet sich wie die benachbarte Spirale M 81, mit der sie gravitativ und auch sonst verbunden ist, im Sternbild des Großen Wagens bei einer Deklination von 70° , ist also immer überm Horizont. Die Ia-Supernova dürfte Ende Januar etwa 10,5te Größe erreichen.

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Februar

Für einen Neumond ist der Februar zu kurz.

Merkur sollte am Monatsanfang in der Abenddämmerung zu sehen sein. Er verschwindet erst mit dem Beginn der astronomischen Dämmerung hinter dem Horizont.

Venus ist Morgenstern. Am 12. Februar strahlt sie im vollsten Glanze.

Mars ist nahe der Spika im Sternbild der Jungfrau zu finden. Noch bewegt er sich rechtläufig unter den Sternen. Seine Oppositionsphase beginnt mit dem Stillstand am 1. März. Er ist Ende des Monats bereits ab 22 Uhr auf.

Jupiter ist König der Nacht. Er steht hoch am Himmel und bietet mit seinen Monden ein immer wieder lohnendes Himmelspektakel.

Wer die Nacht über in die Betrachtung des Jupiter versunken war, kann zum Schluss noch einen Blick auf den Saturn werfen. Dieser befindet sich im Sternbild Waage.

Wer sich fürs planetare Kleinzeug interessiert, fiebert der Pallas-Opposition am 22. Februar entgegen. Die Pallas, nach der Ceres der zweite Asteroid der Anfang des 19. Jh. entdeckt wurde, erreicht immerhin die 7. Größe. Leider treibt sie sich tief im Süden herum, im Sternbild der Wasserschlange, d. h. bei negativen Deklinationen. Sie bewegt sich allerdings nach Norden. Der Himmelsäquator wird in der zweiten Märzhälfte überschritten.

Supernovae

Die Schwerkraft ist eine schier unerschöpfliche Quelle an Energie. Ein x-beliebiger Körper, der unter der Wirkung seiner Eigenschwere zu einem mathematischen Punkt zusammenschnurrte, setzte, zumindest in der Newtonschen Mechanik, eine unendliche Menge davon frei, und das in kürzester¹ Zeit! In Einsteins Theorie der Schwerkraft, der Allgemeinen Relativitätstheorie, gibt's allerdings einen kleinsten Radius, benannt nach dem Potsdamer Astronomen Karl Schwarzschild (1873–1916), der zumindest das „Unendlich“ untersagt. Er deckelt der Schwerkraft Energieeffizienz bei einem Dutzend Milliarden Kilowattstunden pro Kilogramm. (Nur zum Vergleich: Der Brennwert von Steinkohle, Öl und Gas liegt bei 10 kWh/kg.) Macht die Natur Gebrauch davon?

Auf den ersten Blick wohl nicht. Der Eindruck, den der Sternenhimmel auf uns macht, ist ein ganz anderer – den der Unveränderlichkeit. Die Sonne, sie bricht nicht binnen einer dreiviertel Stunde in sich zusammen, sie strahlt seit Jahrtausenden mit nahezu der gleichen Leistung. Nur unmerklich steigert sich ihre Leuchtkraft. Die Sonne zehrt von ihrem Vorrat an thermonuklearer Energie. Gravitationsenergie spielt als Energiequelle derzeit keine Rolle.

¹Gemeint ist damit die Zeit des freien Falls.

Allerdings gibt es sog. „neue“ Sterne, Novae, die für Wochen und Monate aufflammen und ihre Leuchtkraft dabei vervielfachend. Da sie dies öfters tun, muss man aber davon ausgehen, dass ihr inneres Gefüge nicht davon betroffen ist. Es handelt sich in der Tat lediglich um eine Art „Hautkrankheit“ von weißen Zwergen, ein vorübergehendes thermonukleares Brennen auf der Oberfläche, nichts Dramatisches.

Neben den gewöhnlichen Novae, die weder neu noch einmalig sind, gibt es aber noch die Supernovae. Während jedes Jahr im Milchstraßensystem Dutzende von Novae aufleuchten, ereignen sich Supernovaexplosionen viel seltener. Die letzte Supernova, die mit bloßem Auge zu sehen war, war die Keplersche von 1604. Sie ereignete sich im Schlangenträger. Jahrzehnte zuvor, 1572, war in der Kassiopeia ein „neuer“ Stern aufgetaucht und wieder verschwunden. Die jüngste Supernova, um 1680, ereignete sich ebenfalls in der Kassiopeia. Gesehen hat sie damals niemand, was kein Wunder ist. Interstellarer Staub behindert in der Milchstraße die Sicht. Erst Radioastronomen sind bei einer Durchmusterung des Radiohimmels auf den Supernovaüberrest Cassiopeia A gestoßen. Der dehnt sich heute noch aus. Aus der jährlichen Vergrößerung kann man, durch Extrapolation in die Vergangenheit, die ungefähre Entstehungszeit berechnen. Eine weitere bekannte Supernova, von ihr berichten fernöstliche Quellen, flammte 1054 im Stier auf. Sie hinterließ den bekannten Krebsnebel mit seinem Pulsar, einem schnell rotierenden Neutronenstern.

Supernovae sind im Maximum derart hell, dass man sie noch in anderen Sternsystemen sehen kann. Der „neue Stern“ S Andromedae, auf den man im August 1885 aufmerksam wurde – er steht nahe dem Zentrum des Andromedanebels – entpuppte sich im Nachhinein als die erste extragalaktische Supernova. Dieses Ereignis machte Astronomen stutzen. S Andromedae war als Sternchen 5,8ter Größe im Prinzip mit dem bloßem Auge sichtbar und damit viel heller als all die Novae, die sonst im Andromedanebel aufleuchten. Vor 80 Jahren waren sich Walter Baade und Fritz Zwicky sicher: Man muss unterscheiden zwischen Novae und Supernovae! Letztere strahlen in wenigen Wochen so viel an Energie ab wie die Sonne in zehn Millionen Jahren. Das kann keine harmlose „Hautkrankheit“ mehr sein, hier wird das innere Gefüge eines Sterns nachhaltig verändert.

Wie man heute weiß, gibt es bei den Supernovae, was die Ursachen angeht, Unterschiede. Bei denen vom Typ Ia handelt es sich wie bei den Novae um weiße Zwerge, die durch Aufsammeln von Masse (von einem Begleitstern)

ihrer kritischen Grenzmasse zu nahe kommen und thermonuklear restlos detonieren. Supernovae vom Typ II (sowie Ib und Ic) hingegen sind vormals massereiche Sterne, die ihren Vorrat an thermonuklearer Energie erschöpft haben, und nun vor dem Aus stehen. Der massereiche und dichte Kern eines solchen Sterns – er besteht im wesentlichen aus Eisenatomkernen² – fällt unter seinem Eigengewicht in sich zusammen. Binnen Sekundenbruchteilen schrumpft der Kern auf ein Tausendstel seiner ursprünglichen Größe. Für energetische Betrachtungen ist die Größe des Ausgangskerns unerheblich. Es kommt nur auf die Kleinheit des Endzustands an. Die freiwerdende Gravitationsenergie verpufft in Gestalt energiereicher Neutrinos. Das heißt, ein wenig von der Energie bleibt in der Hülle des Sterns stecken, was diese explodieren macht. Das Abwerfen der Hülle, denauer der damit verbundene Helligkeitsanstieg wegen der raschen Vergrößerung der strahlenden Oberfläche ist es, was wir (zunächst) sehen. Das Wesentliche, der Zusammenbruch des Sternenkerns, bleibt unsichtbar. Er verrät sich nur dem Neutrinoastronomen. (Ihm ist egal, ob die Supernova beim Eintreffen der Neutrinos überm oder unterm Horizont steht. Die Erde stellt für Neutrinos kein ernstzunehmendes Hindernis dar.) Was an Solidem übrig bleibt, falls etwas übrig bleibt, ist ein schnell rotierendes Neutronensternchen. Das ist eine Art Atomkern von der Größe Berlins.

Der gigantische Ball aus Neutronen – die Elektronen haben sich längst mit den Protonen zusammengetan – kann nicht zerfallen, weil die Neutronen nicht frei³ sind, und er hat eine allein von der Masse diktierte Größe. Wie bei weißen Zwergen, die auf dem Entartungsdruck der Elektronen beruhen, verringert sich die Größe mit zunehmender Masse. Im Falle des Neutronensterns ist es der Entartungsdruck der Neutronen, der den Stern trägt. Es handelt sich um einen quantenmechanischen Druck, der selbst am absoluten Nullpunkt der Temperatur existiert. Hintergrund ist, dass sich Neutronen als Fermionen (im Phasenraum) wegen des Pauli-Prinzips⁴ nicht beliebig zusammenpferchen lassen.

Doch auch quantenmechanische Kräfte kennen Grenzen. Der Entartungsdruck, eine Energiedichte, trägt wie jede Energie letztlich zur Schwere bei.

²Der Eisenatomkern ist der kompakteste Atomkern, der in der Natur vorkommt, weshalb man weder durch Kernspaltung noch durch Kernfusion ihm Energie entziehen kann.

³In der freien Wildbahn überleben Neutronen im Schnitt eine Viertelstunde.

⁴Deshalb lernten wir in der Schule, wo ein Körper ist, könne kein anderer sein. Festigkeit ist ein Quantenweltphänomen!

Energie und Masse sind (sieht man von den historisch begründeten unterschiedlichen Maßeinheiten ab) identisch, wie Einstein herausfand.

Auf keinen Fall wird es Neutronensterne schwerer als zwei, drei Sonnenmassen geben.

Bei Übergewicht kennt die Natur kein Erbarmen: Der ultimative Kollaps zu einem Punkt ist unvermeidlich. Wenn auch die Natur so etwas Ungeheuerliches nicht verhindern kann, so scheint sie doch wenigstens dafür Sorge zu tragen, dass der wunde Punkt, die Singularität, dem forschenden Blick gnädig verborgen bleibt. Man kann in ein schwarzes Loch nicht hineinschauen, man kann sich nur hineinfallen lassen, will man das Innere erkunden. Doch kein einziges Bit der Kunde dringt nach draußen, hat der forsche Forscher den sog. Ereignishorizont hinter sich gelassen. Der Name „schwarzes Loch“ ist im übrigen jüngeren Datums. Er kam Ende der 60er Jahre auf. Da lebte Oppenheimer bereits nicht mehr.

Supernovae werfen auch Licht auf ein anderes Rätsel: die Herkunft der kosmischen Strahlung. Auch da waren Baade und Zwicky 1934 Wegbereiter.