

Wanderer, kommst du nach Sparta, verkündige dorten, du habest
Uns hier liegen gesehn, wie das Gesetz es befahl.

Friedrich Schiller (1759–1805) in: „Der Spaziergang“ (1795)

Liebe Leserin, lieber Leser,

am 2. Oktober des Jahres 480 v. Chr. ereignete sich eine ringförmige Sonnenfinsternis. Möglicherweise war es diese im Mittelmeerraum partielle Finsternis, die der „Vater der Geschichtsschreibung“, Herodot (ca. 490 – ca. 425 v. Chr.), in seinem Bericht über die Perserkriege erwähnt. Demnach hätte die Seeschlacht im Sund von Salamis, unweit von Athen, wo die geeinte griechische Flotte unter des Xerxes I. (ca. 519–465 v. Chr.) Augen dessen Flotte vernichtend schlug, Ende September stattgefunden – vor 2500 Jahren. Dieses Ereignis, nebst der Schlacht bei den Thermopylen, auf die Schiller anspielt, war und ist bis in die Neuzeit hinein symbolträchtig. Manch Historiker sieht im Zusammenstehen der rivalisierenden Stadtstaaten zur Abwehr des persischen Einflusses nichts weniger als die Geburtsstunde Europas, denn vieles, was Europa heute gedanklich ausmacht, wurzelt im Griechentum.

Alexander der Große (356–323 v. Chr.), der Griechenland einte, leitete die Epoche des Hellenismus ein, des klassischen Griechenlands Aufstieg zur Weltgeltung. Wie erinnerlich, wurde das abendländische Denken bis ins 17. Jh. hinein von den Schriften des Aristoteles (384–322 v. Chr.) geprägt¹. Der aus Thrakien stammende Naturphilosoph war, vierzigjährig, zum Erzieher des jungen Alexander berufen worden.

Die Datierung historischer Ereignisse, die Jahrtausende zurückliegen, mithilfe von Finsternissen ist – wegen der Schwankungen in der Tageslänge – nicht so ohne. Die Gezeitenreibung wurde 1693 von Edmond Halley (1656–1742) dadurch entdeckt, dass Finsternisberichte sich zunächst **n i c h t** mit den astronomischen Berechnungen in Einklang bringen ließen! ΔT , die Differenz aus gleichmäßig ablaufender astronomischer Zeit und bürgerlicher Zeit, macht im Falle der Sonnenfinsternis vom 2. Oktober 480 v. Chr. 4 Stunden und 39 ($\pm 6\frac{1}{2}$) Minuten aus. Auf den Globus übertragen sind das 70° in geografischer Länge!

¹Eine Abkehr vom **G e i s t** der Aristotelischen Anschaulichkeit und dem Diktum, die Natur mache keine Sprünge, fand in der Physik erst um 1900 statt. Auf die neuere Hinwendung der Physik zu Plato (428/427–348/347 v. Chr.), dem Lehrer von Aristoteles, weist Werner Heisenberg (1901–1976) hin.

Vor 225 Jahren, 1796, hatte der französische Himmelsmechaniker Pierre-Simon Laplace (1749–1827) seine Vorstellung von der Entstehung der Sonne samt Planeten und deren Monde aus einer rotierenden Ansammlung von Gas und Staub veröffentlicht. Laplace' Nebularhypothese wird gerne mit den vier Jahrzehnte älteren Überlegungen Immanuel Kants (1724–1804) in einen Topf geworfen und unter der Sammelbezeichnung Kant-Laplace-Hypothese zusammengefasst.

Einen hundertsten Geburtstag gibt es auch: Am 12. September 1921 wurde im damals polnischen Lwów (Lemberg) Stanisław Lem geboren. Der Philosoph unter den Science-Fiction-Autoren starb 2006.

Vielleicht haben Sie es schon vernommen: Am 8. August kam's zu einem Ausbruch der wiederkehrenden Nova RS Ophiuchi. Ein unscheinbares Doppelsternsystem von normalerweise 12. Größe wurde kurzzeitig für das bloße Auge sichtbar. Es handelt sich um eine thermonukleare Explosion an der Oberfläche eines weißen Zwergs. Mehr darüber in dieser Ausgabe,

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im September

Merkur bleibt trotz seines beachtlichen östlichen Winkelabstands zur Sonne von fast 27° Mitte September in unseren Breiten unsichtbar. Venus passiert am 5. des Monats den Hauptstern der Jungfrau, α Virginis, genannt Spica. Jupiter und Saturn prägen, obwohl tiefstehend, den Anblick des Nachthimmels. Noch halten sie sich in ihrer Oppositionsphase auf, sind also rückläufig. Am Monatsende gehen Jupiter und Saturn bereits kurz nach 3 Uhr bzw. kurz vor 2 Uhr MESZ unter.

Die Herbsttagundnachtgleiche ist am 22. September um 21 Uhr 21 MESZ. Für den Nordpol beginnt die halbjährige Polarnacht. Die Sonne passiert einen der beiden Schnittpunkte von Himmelsäquator und Ekliptik. Der sog. Herbstpunkt heißt zwar Waage-Punkt – weil er in der Antike im Sternbild Waage noch lag –, befindet sich aber aktuell bei β Virginis.

Novae

Eine Nova am Firmament ist ein „Hingucker“. Dem Kosmos-Boten ist die Nova Cygni 1975 in lebhafter Erinnerung. Sie erreichte Ende August 1975

eine Maximalhelligkeit von 1,7 Größenklassen. Wie aus dem Nichts, unvermittelt, taucht ein „neuer Stern“ auf, der alsbald wieder dem unbewaffneten Auge entschwindet. Was frühere Zeiten für etwas Neues hielten, ist etwas Altes. Im Zentrum des Geschehens steht ein „ausgebrannter“ Sternkern, ein Gebilde groß wie die Erde, aber schwer wie die Sonne – ein weißer Zwerg. Gehörte dieser nicht zu einem Doppelsternsystem, kühlte er unspektakulär in Äonen aus. Aus dem weißen Zwerg würde ein roter und schließlich ein dunkler. Aber so alt ist das Universum noch nicht. Einen weitaus interessanteren Lebensabend bietet die Gemeinschaft, der Austausch (von Masse) in einem engen Doppelsternsystem. Wegen des gravitativen Einflusses kann sich der Begleiter des weißen Zwergs, im Falle von RS Ophiuchi ein M2-Riese, nicht so entfalten, wie er dies als solitärer Riesenstern täte. Überschreitet sein Radius eine kritische Grenze, den Roche-Radius, gerät Materie von seinem Außenrand in die Einflussphäre des kompakten Zwergs. Materie fließt über. Dieser dreimpulsbehaftete Stoff kann sich nicht unmittelbar über den weißen Zwerg ergießen, der kaum mehr als ein „Punkt“ ist. Das lässt die Drehimpulserhaltung nicht zu. Es bildet sich vielmehr um das Empfängersternchen eine rotierende Scheibe, wo dieser aufgesammelte Stoff, im wesentlichen Wasserstoffgas, zwischengelagert wird. Eine Akkretionsscheibe aber ist nicht reibungsfrei. Da ihre inneren Partien schneller rotieren als die äußeren, generiert Reibung ein Drehmoment, welches zu einem schleichenden Verlust an Drehimpuls führt. Ein beliebig herausgegriffenes Wasserstoffatom wandert allmählich auf einer enggewundenen Spirale nach Innen. Da Drehimpuls eine Erhaltungsgröße ist, wird der Drehimpulsverlust durch radialen Abtransport von Drehimpuls nach draußen kompensiert. Durch Reibung jedenfalls gelangt Gas schließlich bis zum weißen Zwerg, wo es sich auf seiner Oberfläche ablagert. Überschreitet die Last einen kritischen Wert², es geht um Millionstel Sonnenmassen, kommt es bei einer Temperatur von einigen 10 Millionen Grad zu einer thermonuklearen Detonation. Jeweils vier Wasserstoffatome fusionieren (via CNO-Zyklus) zu einem Heliumatomkern. Die beim „Wasserstoffbrennen“ explosiv freigesetzte Energie sprengt die Hülle ab und macht diese durch ihr Größenwachstum hell aufleuchten. Verglichen mit dem Zustand zuvor steigert sich die Systemhelligkeit kurzzeitig um das Vieltausend- bis Millionenfache.

²Sowohl die kritische Masse aufgesammelten Wasserstoffgases wie auch die Temperatur des weißen Zwergs hängen von der Akkretionsrate ab. Je stärker der Massenzustrom, desto geringer die bis zur Zündung aufgesammelte Masse und desto heißer der Stern.

Ein weißer Zwerg wird stabilisiert durch den quantenmechanischen Entartungsdruck der freien Elektronen. Dieser Druck hängt allein von der Dichte ab, nicht von der Temperatur! Anders die Kernfusionsrate: Sie steigt rasant mit der Temperatur. Da ist Ärger vorprogrammiert. Ein Teufelskreis (*run away*) wird in Gang gesetzt. Durch die thermonukleare Energiefreisetzung am Boden der abgelagerten Wasserstoffhülle steigt die Temperatur, dies wiederum facht die Kernreaktionen an . . . Doch das entartete Gas denkt nicht daran zu reagieren, weil der Druck bei Gasentartung vom Temperaturanstieg unberührt bleibt! Erst bei Hunderten von Millionen Grad macht sich die Hitze schließlich bemerkbar. Der ungeheure thermische Druck sprengt die aufgesammelte und thermonuklear kontaminierte Hülle ab.

Was an ein Inferno zu gemahnen scheint, ist keines. Der weiße Zwerg wird nicht wirklich in Mitleidenschaft gezogen – es sei denn, er würde durch den Massezuwachs seine kritische Grenzmasse³ von 1,4 Sonnenmassen übersteigen. Dann nämlich würde es den weißen Zwerg thermonuklear zerreißen. Statt Nova ereignete sich etwas ungleich Gewaltigeres – eine Ia-Supernova. Man schließt aus der kurzen Wiederholzeit von nur zwei Jahrzehnten im Falle von RS Ophiuchi auf eine Masse nahe der Chandrasekhar'schen Grenzmasse. Der RS-Ophiuchi-Zwerg avanciert damit zum Ia-Supernova-Kandidaten, d. h. er könnte sich eines fernen Tages bei einer terminalen Explosion in Nichts auflösen. Für so etwas hat ein Supernovaforscher ein offenes Ohr.

Normalerweise aber ist, wie gesagt, ein Novaausbruch harmlos, nicht mehr als eine „Hautkrankheit“, wovon sich der Stern schnell erholt. Die Exnova unterscheidet sich kaum von der Pränova, sieht man davon ab, dass der weiße Zwerg unmerklich zu- oder abgenommen hat.

Hält der Massezustrom auch nach der Novaexplosion an, wiederholt sich das Spiel wie gehabt. Man geht davon aus, dass letztlich alle klassischen Novae *wiederkehrende Novae* sind. Aber nur von zehn Novae sind bisher wiederholte Ausbrüche bekannt. RS Ophiuchi flammte nachweislich 1898, 1933, 1958, 1967, 1985, 2006 und nun im August 2021 auf. Bei der Mehrzahl der Novae dürfte es sich um relativ massearme weiße Zwerge ($\approx 0,6$ Sonnenmassen) handeln mit Wiederholzeiten jenseits menschlicher Zeitmaßstäbe. Die Rede ist von 10 000 oder gar 100 000 Jahren. Es sind, zumindest in unseren Augen, einmalige Ereignisse.

Bei den sog. Zwergnovae ist der Ausbruchmechanismus ein anderer: eine Instabilität der Akkretionsscheibe. Diese kann das Angebot vom Spenderstern nicht stationär verarbeiten.

³Bei einem relativistisch entarteten Himmelskörper geht der Radius mit zunehmender Masse gen Null! Für weiße Zwerge (Elektronenentartung) wie auch Neutronensterne (Nukleonenentartung) gibt es eine Maximalmasse!

Im Laufe der Zeit häuft sich in den zentrumsnahen Partien immer mehr Material an, bis es – wegen der Zunahme der Scheiben„zähigkeit“ – zu einer schnellen Entladung kommt. Dabei leuchtet die Scheibe hell auf. Danach beginnt der Zyklus von neuem, mit Auffüllzeiten von Wochen bis Jahren. Es drängt sich die Frage auf, ob wiederkehrende Novae nicht auch eine Art Zwergnovae sind, bloß mit Wiederholzeiten von Jahrzehnten. Im Gesamtlicht müssen sich diese Scheibenausbrüche nicht groß bemerkbar machen. Vorstellbar aber wäre, dass der erhöhte plötzliche Masseschub während eines unspektakulären Zwergnova-ausbruchs auf dem weißen Zwerg ein thermonukleares „Brennen“ verursacht, das wir als Novaausbruch wahrnehmen. Die Scheibeninstabilität als Auslöser einer richtigen Nova? Denkbar wär’s.

Schon 1604 hatte Johannes Kepler (1571–1630) eine „Nova“ im Sternbild Schlangenträger (Ophiuchus) gesichtet gehabt. (Er war beileibe nicht der erste, auch wenn heute das Ereignis mit seinem Namen verknüpft wird.) Mit einer Maximalhelligkeit von nahezu $-2\frac{1}{2}$ Größenklassen war Keplers „neuer Stern“ allerdings mehr als eine gewöhnliche Nova. Das Himmelsereignis vom Oktober 1604 muss eine Ia-Supernova gewesen sein. Ein weißer Zwerg explodierte restlos⁴. Kepler war so fasziniert, dass er eine kleine Schrift darüber auf Deutsch verfasste: „Gründtlicher Bericht Von einem ungewöhnlichen Newen Stern, wellicher im October ditz 1604. Jahrs erstmahlen erschienen“.

⁴Am Ort der „Nova“ Ophiuchi (1604) wurde der deutsche Astronom Walter Baade (1893–1960) 1941/42 fündig. Am 2,5-m-Spiegelteleskop auf dem Mt. Wilson sah er ein unscheinbares diffuses Leuchten 19. Größe. Im Röntgenlicht ist Keplers „Nova“ imposanter. Die Explosionswolke von 1604, alles, was vom Unglückszwerg übrigblieb, stößt, hell aufleuchtend, auf Gas in der Umgebung.