

Liebe Leserin, lieber Leser,

wie vor 400 Jahren gibt's diesmal einen Weihnachtskometen: 46P/Wirtanen. Entdeckt vor 70 Jahren, gehört er mit einer Umlaufzeit von 5,4 Jahren zu den kurzperiodischen. Vorhersagen zur Helligkeit sind bei diesen Gesellen notorisch unsicher, zumal bei einem hyperaktiven. „46P“ hat das Potential für eine Augenweide.

Eines 200. Geburtstags sei gedacht: Am Heiligen Abend 1818 erblickte James Prescott Joule nahe Manchester das Licht der Welt. Ihm verdanken wir die erste exakte Umrechnung von Wärmeenergie (Kalorie) in mechanische Energie (Newtonmeter) – sowie das „Joule“ als SI-Energieeinheit: $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$. Vor 175 Jahren, 1843, führte Joule sein berühmtes Schaufelradexperiment durch. In einem Gefäß, gefüllt mit Wasser, befindet sich ein Rührwerk. Es wird durch ein im Schwerfeld der Erde absinkendes Gewicht angetrieben. Die mechanische Energie wird im Gefäß vollständig in Wärme verwandelt. Die entsprechende Temperaturerhöhung des Wassers wird mit einem Thermometer gemessen. Das mechanische Wärmeäquivalent von $4,1868 \text{ J/cal}$ verbindet die Mechanik mit der Wärmelehre. Es ist universell¹. Anstelle von Wasser kann es auch etwas anderes sein, z. B. Quecksilber. Was der Zahlenwert lehrt? Nun, mit 1500 kcal, weniger als dem Tagesbedarf eines Erwachsenen, könnte eine 70-kg-Person spielend den Mount Everest ersteigen! Wasser wenig nur zu erwärmen erfordert einiges an mechanischer bzw. elektrischer Energie ($1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$). Joule maß, nach eigenen Beteuerungen, seine Thermometer auf $1/200$ Fahrenheit genau ab! Die $4,1868 \text{ J/cal}$ muss man sich nicht (mehr) merken! Die Kalorie (cal) ist als Energieeinheit *passee*. Sie ist nur noch für Ernährungsbewusste (also alle), welche mit „Joule“ nichts anfangen können. James Prescott Joule kümmerte sich um die Versorgung seiner Kundschaft mit Kilokalorien: Er war Bierbrauer. Sein experimentelles Geschick war unbestritten. Hermann von Helmholtz (1821–1894) hielt viel von dem Nicht-Akademiker. Als er 1847 das Gesetz von der Erhaltung der Energie formulierte, berief er sich auf Julius Robert Mayer (1814–1878) und James Prescott Joule. Joule starb 1889 in Sale bei Manchester. Eingemeißelt auf seinem Grabstein entziffert man „ $772 \cdot 55$ “, „sein“ Wärmeäquivalent:

¹auch wenn es formal nur die Kalorie über die Wärmekapazität des Wassers definiert.

772,55 Pfund einen Fuß (0,3048 m) emporheben ist energetisch das gleiche, wie ein Pfund Wasser (0,4536 kg) um 1° F (= 5/9° C) erhitzen.

Mitte Dezember kulminiert der Orion um Mitternacht. Der Weihnachtsmonat sei deshalb dem Himmelsjäger gewidmet, genauer: seinem Schwertgehänge. Wem ist eigentlich als erstem das Nebelchen (M 42) unterhalb der drei Gürtelsterne aufgefallen? Emissionsnebel, wie der Orionnebel, künden vom Werden der Sterne und zählen zu den ästhetisch reizvollsten Gebilden, mit denen die Nacht aufwarten kann. Ein lichtstarkes Fernglas ist von Vorteil.

Voller Hoffnung auf einen respektablen „Jahresendkometen“ wünscht Ihnen viel Freude beim Anklicken der diversen Links (Quelle: APOD)

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Dezember

Merkur erreicht am 15. Dezember mit 21° seine größte westliche Elongation. Er dürfte bei klarer Sicht um die Monatsmitte eine gute Stunde vor Sonnenaufgang im SO zu sehen sein. Am 21./22. kommt es zu einer Begegnung mit dem ungleich helleren Jupiter.

Venus ist Morgenstern und strahlt zu Monatsbeginn im maximalen Glanz. Sie ist dann 90-mal heller als ein Stern Nullter Größe (Wega).

Der Rote Planet ist in aller Munde, hat doch gerade NASAs „InSight“ eine sichere Landung nahe dem Äquator im „Gefilde der Seligen“ hingelegt, einer uninteressanten Ebene (Elysium Planitia). InSight hat es, wie der Name sagt, auf's Planeteninnere abgesehen. Für uns ist er der Planet für die Abendstunden. Mars entschwindet etwa eine Viertelstunde vor Mitternacht unter den Westhorizont. Am Jahresende hat er, von Süden kommend, fast den Himmelsäquator erreicht. Er geht also ziemlich genau im Westen unter. Nichts fürs unbewaffnete Auge: Am 7. Dezember begegnen Mars und Neptun einander. Mars zieht nur wenige Bogenminuten nördlich am Neptun vorbei. Neptun ist 8. Größe, Mars etwa 0. Größe. Der Unterschied ist gewaltig, Mars über 1300-mal heller als Neptun.

Zum Jahresende zeigt sich Jupiter erstmals am Morgenhimmel. Kurz nach 6 Uhr steht er auf der Matte. Saturn ist noch Anfang des Monats während der Abenddämmerung tief im SW auszumachen.

Astronomischer Wintersanfang, oder Wintersonnenwende, ist am 21. Dezember kurz vor Mitternacht. 23:23 Uhr weist das nördliche Ende der Rotati-

onsachse maximal von der Sonne weg. Kein Sonnenstrahl erreicht dann die Polarregion jenseits des Nordpolarkreises.

Am 10. Dezember betritt 46P/Wirtanen südöstlich von α Ceti (Menkar) die nördliche Himmelskalotte. Der kometenhafte Aufstieg im Laufe eines Monats endet knapp unter der 60°-Marke. Am 12. Dezember durchläuft der Komet sein Perihel, vier Tage danach, am 16., passiert er in nur zwölf Millionen Kilometern Abstand die Erde. Er befindet sich dann wenige Grad östlich der Plejaden und könnte, so der Optimist, die dritte Größe erreichen und sich damit zu einem vorweihnachtlichen Hingucker herausputzen. In der Nacht vor dem Heiligen Abend wird Capella passiert.

Der kurzperiodische Komet gehört der Jupiterfamilie an, d. h., das Aphel seiner Bahn liegt in Jupiterentfernung (5,2 AE). Da sein Perihel gerade an die Erdbahn heranreicht (1 AE), beläuft sich nach Keplers Drittem Gesetz die Umlaufzeit auf $((5,2 + 1,0) / 2)^{3/2} = 5 \frac{1}{2}$ Jahre.

Orionnebel & Co.

Alexander von Humboldt (1769–1859) äußert 1845 im „Kosmos“ seine Verwunderung darüber, dass weder Galilei (1564–1642) noch Hevelius (1611–1687) das diffuse Leuchten im Schwertgehänge des Orion aufgefallen ist. Huygens (1629–1695) sei der erste, der 1656 das Nebelchen beschrieben habe. Acht Jahre nach dem Erscheinen von Humboldts fünfbändigem „Entwurf einer physischen Weltbeschreibung“ bemerkt der Eidgenössische Astronom und Sonnenforscher Rudolf Wolf (1816–1893) aus Bern², sein Landsmann Johann Baptist Cysat (1586–1657) aus Luzern habe als erster den Orionnebel beschrieben, und zwar im Kometenjahr 1618. Wir wollen das gerne glauben, zumal wir dadurch bereits jetzt den 400. Jahrestag der Entdeckung begehen dürfen und nicht bis 2056 warten müssen. Der Nebel ist der mittlere „Stern“ von dreien, die sich unterhalb der drei Gürtelsterne des Orion befinden. Man spricht vom Schwert bzw. dem Schwertgehänge.

Cysat war Jesuit und Assistent von Christoph Scheiner (1575–1650) in Ingolstadt. Am 6. März 1611 entdeckte er Flecken auf der Sonne, wovon er seinen Lehrer unterrichtete. Eine „befleckte“ Sonne widersprach der gängigen

²Rudolf Wolf war von 1864 bis 1893 erster Direktor der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich, ein Gottfried-Semper-Bau. Die Wolf'sche Sonnenfleckenrelativzahl als Maßzahl für die Sonnenaktivität wurde 1849 eingeführt.

Trennung zwischen dem sublunaren Reich des Wandels und dem des Ewigen und Unbefleckten „hinterm Mond“. Scheiner glaubte deshalb, es handle sich um die Sonne umkreisende Kleinkörper. So entging ihm die Entdeckung der Sonnenrotation. Kepler war dem gleichen Irrtum aufgesessen, als er am 16. November 1607 einen Sonnenfleck wahrte, diesen aber für den Merkur hielt.

Cysat sei auf den Orionnebel gestoßen, bevor er den Kometen von 1618 beobachtete. Nebelflecken am Firmament, wozu der 1612 von Simon Marius, eigentlich Simon Mayr (1573–1624), entdeckte Andromedanebel zählt, wurden als ferne Sternenansammlungen angesehen, welche in Einzelsterne aufzulösen, die Teleskope bloß zu schwach seien. Dass Dunst- und Nebelschwaden das All durchziehen könnten, rückte ins Blickfeld der Forscher, als man sich dem Entstehen von Sternen zuwandte. Immanuel Kant (1724–1804) stellte 1755 in seiner „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ dar, wie sich seiner Meinung nach Sonne und Planeten aus einem Urnebel formten. Er kam damit modernen Vorstellungen erstaunlich nahe.

Für uns ist der Orionnebel (M 42 = NGC 1976) Paradebeispiel eines Sternentstehungsgebiets, wo es auch zur Bildung massereicher, leuchtstarker Sterne kam. (Fehlen diese, ist die Sternentstehung ein optisch eher unspektakuläres Ereignis, zumal es sich im Dunkeln abspielt, dem staubigen Inneren von Molekülwolken.) Zwar ist der leuchtende Nebel so groß, dass er von hier bis zur Wega reicht, aber wegen der Entfernung von über 1300 Lichtjahren erscheint er am Himmel als Lichtwölkchen etwas größer nur als der Mond. Trotz einer Gesamtmasse von geschätzt 2000 Sonnenmassen ist die Gasdichte extrem gering: im Mittel 400 Atome pro Kubikzentimeter. Zwischen zwei benachbarte Atome passte ein Stecknadelkopf! Zum Vergleich: In einem Kubikzentimeter Luft tummeln sich 25 Trillionen Partikeln. Für einen Vakuumtechniker wäre der Orionnebel Hochvakuum³ vom Feinsten!

Der Orionnebel ist ein typischer Emissionsnebel, eine glühende Gaswolke. Der Astrophysiker spricht von einem HII-Gebiet⁴. Verursacht wird das Leuchten durch ein Quartett extrem heißer und leuchtkräftiger Sterne, dem sog.

³Natürlich spielt die Größe des Gefäßes bzw. Objektes eine Rolle. Überschreitet sie die mittlere freie Weglänge einer Gaspartikel, kommen die Gesetze der Gas- bzw. Plasma-physik zur Anwendung. Im Orionnebel dürfte die mittlere freie Weglänge bei Millionstel Lichtjahren (Lj) liegen. In Anbetracht der Ausdehnung des Emissionsnebels, 24 Lj, kann nach diesem Kriterium von einem wirklichen Vakuum die Rede nicht sein.

⁴HII ist die Bezeichnung für ionisierten Wasserstoff. Ein HI-Gebiet hingegen enthält fast ausschließlich neutralen Wasserstoff.

Trapez (θ^1 Orionis), dessen UV-Strahlung das umgebende Gas ionisiert und zum Leuchten⁵ animiert. Das Gas besteht aus Wasserstoff und etwas Helium. (Nur jedes 15. Atom ist ein He-Atom.) Neben ihrer UV-Strahlung sind die Trapezsterne auch Quelle stürmischer Sternenwinde. Diese haben eine gewaltige Höhle in eine optisch unsichtbare Wolke kalten molekularen Wasserstoffs (H_2) gehauen. Verglichen mit den dortigen Winden ist der Wind⁶, den die Sonne macht, ein laues Lüftchen.

Ein massereicher Stern muss „astronomisch jung“ sein! Je gewichtiger, desto jünger! Das hängt damit zusammen, dass die Leuchtkraft, also der Energieumsatz, mit zunehmender Masse überproportional anwächst. Bei dieser Verschwendung ist der Brennstoffvorrat eines solchen Sterns schnell aufgebraucht. Kurz und gut, die Sterne des Trapezes, die bis zu 50 Sonnenmassen wiegen, dürften kaum älter als 300 000 Jahre sein. Es gab Menschen, bevor es den Orionnebel gab!

Neben den auffälligen Sternen des Trapezes, die z. T. Doppel- bzw. Mehrfachsterne sind, gehören zum Sternhaufen des Orionnebels noch fast dreitausend weitere Sterne. Sie sind mehrheitlich unauffällig, da massearm und leuchtschwach. Die (ungleiche) Verteilung der Sternmassen folgt einem simplen Potenzgesetz⁷ Ökonomen sprächen von einem Pareto-Gesetz⁸. Frage: Was haben Bundesbürger mit den Sternen im Orionnebel gemeinsam? Nun, die Sternmassenverteilung ähnelt⁹ verblüffend der Vermögensverteilung in Deutschland! Wie man hört, besitzen das reichste 1% aller Deutschen 32% des

⁵Bei der Photoionisation verliert das Wasserstoffatom sein Elektron. Beim Wiedereinfangen eines freien Elektrons, der sog. Rekombination, entsteht Licht, das Rekombinationsleuchten. Das rötliche Leuchten kommt vom Wasserstoff, das grünliche von doppelt ionisiertem Sauerstoff (OIII). Das Nebelgas ist 10 000 Grad heiß.

⁶Der heutige Sonnenwind wiederum ist nur ein schwaches Nachwehen, verglichen mit dem Wind, den die Ursonne einst in ihrer sog. T-Tauri-Phase entfachte – bevor die thermonuklearen Reaktionen in ihrem Kern einsetzten.

⁷Ein Potenzgesetz als Verteilungsfunktion liegt immer dann nahe, gilt es einen weiten Wertebereich zu überspannen, ohne dass darin ein Wert irgendwie charakteristisch oder von Natur aus ausgezeichnet wäre.

⁸Wie Vilfredo Pareto (1848–1923) um 1896 bemerkte, entfallen auf nur 20% einer Bevölkerung 80% des Vermögens, des Grundbesitzes etc. Die 80-20-Regel trifft auch auf die vermögendere 20% der Bevölkerung selbst zu: Von der Gruppe der Begüterten besitzen wiederum 1/5 (20%) 4/5 (80%) des Gruppenvermögens usw. Laut 80-20-Regel entfallen letztlich auf 1% einer Bevölkerung 52,8% des gesellschaftlichen Reichtums.

⁹Wüssten Astronomen, wie es zu der Sternmassenverteilung kommt, wäre dies u. U. für Ökonomen interessant. Wirtschaftswissenschaftler verstehen nämlich bis heute nicht, wie es zu der gemeinhin als ungerecht empfundenen Besitzverteilung in der Welt kommt.

Reichtums. Im Orion-Sternhaufen vereint das 1% der massereichsten Sterne 34% der Gesamtmasse in sich! Auffällig ist ein Defizit an extrem massearmen Sternen (unter 1/6 Sonnenmasse) und Braunen Zwergen. Deren Bildung wurde vermutlich durch die unwirtlichen Verhältnisse – Erosion der protostellaren Gasmassen, in denen massearme Sterne entstehen könnten, durch die UV-Strahlung und Sternwinde – schlichtweg unterbunden.

Im Orionnebel ist das Hubble-Raum-Teleskop auf sog. Proplyds gestoßen, protoplanetare Scheiben, in deren Mitte ein Protostern in Bildung begriffen ist. Aus dem restlichen Scheibenmaterial könnte sich *à la* Kant ein Planetensystem bilden – sofern nicht UV-Strahlung und Winde diesen fragilen Gebilden ernstlich zusetzen.

Der Orionnebel¹⁰ ist nur ein kleiner, allerdings optisch auffälliger Teil eines viel größeren Ganzen: eines Molekülwolkenkomplexes, der sich über das gesamte Sternbild Orion¹¹ hinzieht. Neben M42 zählen dazu Schmuckstücke wie der Reflexionsnebel M78 (Quelle: ESO) und der Pferdekopfnebel, eine markante Dunkelwolke, deren Silhouette sich vor hell leuchtendem Gas abhebt. Dort scheint sich zumindest ein massearmes Sternchen zu bilden. Hoch im Norden des Orion, beim Kopf des Jägersmannes, stößt man wieder auf einen massereichen Stern, λ Orionis (Meissa¹²), dessen UV-Strahlung eine HII-Region hervorgebracht hat.

Riesenmolekülwolken zählen zum Größten¹³, was die Galaxis zu bieten hat. Einige bringen Millionen und Abermillionen Sonnenmassen auf die Waage. Das extrem kalte Gas besteht im wesentlichen aus Wasserstoffmolekülen¹⁴ (H_2). Die Wolken sind staubig. Der Staub¹⁵ macht sich im Optisch-Sichtbaren negativ bemerkbar: Molekülwolken sind **D u n k e l w o l k e n**. Im Infraroten allerdings „sieht“ man ihr Wärmeleuchten.

¹⁰Beim Betrachten des Bildes orientiere man sich an den drei Gürtelsternen! Sehen Sie den Pferdekopf?

¹¹Im Nachbarsternbild Einhorn geht es weiter. Dort trifft man auf den jungen offenen Sternhaufen NGC 2244 mit dem Rosettennebel.

¹²Genaugenommen handelt es sich um einen Doppelstern, bestehend aus einem 30- und einem 10-Sonnenmassen-Stern.

¹³Ihr Entstehen könnten sie einer großräumigen magnetischen Instabilität in der galaktischen Gasscheibe verdanken, der sog. Parker-Instabilität.

¹⁴Radioastronomisch beobachtet wird meist das CO. Kohlenmonoxid kommt zwar nur in Spuren vor, ist aber bei 2,6 mm Wellenlänge leicht nachweisbar.

¹⁵... spielt massenmäßig nur eine untergeordnete Rolle. Er ist als Katalysator wichtig. Die H_2 -Bildung bedarf der Stauboberfläche. Die Kondensationswärme muss weg. Sie wird vom Staub aufgenommen.

Zur Sternentstehung kommt es, global gesehen, bevorzugt in Spiralarmen. Der Orionnebel gehört (wie auch die Sonne) dem lokalen Orionarm an, einem irregulären Spiralarm. Mit dem entfernteren Perseusarm sind markante Sternentstehungsgebiete verbunden. Man kann sie zu dieser Jahreszeit aus geschätzten 6000 Lj Entfernung in den Sternbildern Cassiopeia und Perseus bewundern: Herz- (IC 1805), Seelen-(IC 1898, IC 1848) und Fischkopfnebel (IC 1795). Auch der berühmte Doppelsternhaufen η und χ Persei zählt dazu. Dort hat sich das leuchtende Gas allerdings längst verflüchtigt. NGC 869 (η Per) und NGC 884 (χ Per) sind bereits ein Dutzend Millionen Jahre alt.

Wer sich am Orionnebel und seiner Umgebung satt gesehen hat und dem der Sinn nach mehr und Größerem steht, der muss sich in den Süden begeben. Im Sternbild Doradus (Schwertfisch) wird er fündig: Die Große Magellansche Wolke (LMC), eine benachbarte Zwerggalaxie, wartet mit einer Riesen-HII-Region auf, wegen ihres Aussehens gemeinhin als Tarantelnebel (30 Doradus) bezeichnet. In ihm befinden sich der kompakte Sternhaufen NGC 2070. Er enthält eine Halbe Million Sterne und dürfte damit ein junger Kugelsternhaufen¹⁶ sein. Das extragalaktische Sternentstehungsgebiet ist 120-mal weiter von uns entfernt als der Orionnebel. An den Ort des Orionnebels versetzt, füllte dieser Emissionsnebel, der größte in der Lokalen Gruppe von Galaxien, das ganze Sternbild Orion aus – und er würde sogar Schatten (liest man)!

Übrigens, vor über dreißig Jahren, am 23. Februar 1987, war der Tarantelnebel Schauplatz einer Typ-II-Supernovaexplosion: SN 1987 A. Ein massereicher Stern, ein blauer Überriese, hatte, nachdem alle thermonuklearen Energiereserven erschöpft waren, seinen Geist aufgegeben. Sein Inneres implodierte binnen eines Sekundenbruchteils. Ein kleiner Teil der freiwerdenden Energie machte die Sternenhülle explodieren. Der Hauptteil verließ den Stern als Neutrinoblitz. Einige Neutrinos konnten damals – Stunden vor dem optischen Ausbruch – nachgewiesen werden. Sie kündeten von der sofortigen Neutronisierung der Materie im Gefolge des Zusammenbruchs des Sternenkerns. Ein kompaktes Überbleibsel, ein Neutronenstern (Pulsar) oder gar ein schwarzes Loch, ist bisher nachweislich nicht an der Unglücksstelle aufgetaucht.

¹⁶Einen vergleichbaren galaktischen Super-Sternhaufen findet man im Sternbild Carina: NGC 3603.