

Die Antwort auf die große Frage nach dem Leben, dem Universum und allem Übrigen lautet — 42! (aus: „Per Anhalter durch die Galaxis“)

Douglas Noël Adams (1952–2001)

Liebe Leserin, lieber Leser,

die „42“ wird 42. Am 8. März 1978, vor 42 Jahren, sendete die BBC erstmals als Hörspiel eine Episode aus Douglas Adams' „The Hitchhiker's Guide to the Galaxy“. Die „42“ steht für eine nichtssagende Zahl, welche „Deep Thought“, ein Supercomputer, nach Millionen Jahren angestrengten Rechnens endlich ausspuckt. Der Mathematiker Ian Stewart weist auf einen logischen Widerspruch hin. Wäre die „42“ tatsächlich mathematisch uninteressant, wäre sie aus eben diesem Grunde interessant. Aber die 42 ist überhaupt nicht blass oder fade. Sie ist beispielsweise eine sog. Rechteckzahl. Mr. Stewart zählt zwölf Eigenheiten der 42 aus der Lamäng auf. Die folgende Summe¹ – bitte nachrechnen! – wäre wohl eher etwas nach Deep Thought's Geschmack gewesen: $(-80538738812075974)^3 + 80435758145817515^3 + 12602123297335631^3$.

Das Interesse an ganzzahligen Lösungen algebraischer Gleichungen war so groß, dass der Göttinger Mathematiker David Hilbert (1862–1943) die Frage nach dem Existenzbeweis² 1900 auf seine Liste wichtiger ungelöster Probleme der Mathematik setzte – unter Zehntens.

Vor einem Vierteljahrhundert, am 14. März 1995, verstarb der Kern- und Astrophysiker William Alfred Fowler (geb. 1911). Gemeinsam mit Subrahmanyan Chandrasekhar (1910–1995) durfte er 1983 den Physiknobelpreis entgegennehmen für „theoretische Studien physikalischer Prozesse, die wichtig für ein Verständnis des inneren Aufbaus und der Entwicklung von Sternen sind“. Fowler arbeitete ein Leben lang am W.K. Kellogg Strahleninstitut des Caltech. (Die Erfindung des Cornflakes erwies sich für die Nuklear-Astrophysik

¹Die Lösung, 42, erwies sich als „harte Nuss“. Sie war die letzte Zahl ≤ 100 , für die vor einem halben Jahr noch nicht fest stand, ob eine derartige ganzzahlige (diophantische) Darstellung überhaupt existiert. Diophant von Alexandria lebte vermutlich im 3. Jh. Überliefert ist seine „Arithmetik“.

²Die Gleichung $x^2 + y^2 = 2$ beispielsweise hat vier ganzzahlige Lösungen, $x^2 + y^2 = 3$ hingegen keine einzige! Kann man das den Gleichungen irgendwie ansehen?

als ein Segen.) Er war Mitautor der bahnbrechenden B²FH-Arbeit aus dem Jahre 1957. Die beiden B stehen für Margaret (geb. 1919) und Geoffrey Burbidge (1925–2010), das H für Fred Hoyle (1915–2001). Es ging um nichts weniger als die *stellare* Herkunft der chemischen Elemente. Abgesehen von den leichtesten chemischen Elementen entstehen demnach alle Elemente ab Kohlenstoff samt und sonders in den Sternen³ – bei Kernverschmelzungen oder Neutroneneinfängen. Durch Sternenwinde und das Abwerfen ihrer Hüllen am Ende ihres Daseins „verschmutzen“ Sterne den Kosmos allmählich mit schweren Elementen, so dass die jüngsten Sterne, welche gerade aus dem „angereicherten“ interstellaren Gas hervorgehen, von vornherein mehr davon enthalten als die Sterne der ersten oder zweiten Generation. (Einige Elemente, darunter Gold, verdanken ihr Dasein vermutlich sogar der Kollision von Neutronensternen, den Überbleibseln einst [nicht zu] massereicher Sterne.) Das widersprach der ursprünglichen Theorie George Gamows (1904–1968), eines in die USA geflüchteten russischen Physikers, wonach *alle* chemischen Elemente bereits in der dichten und heißen Phase des Urknalls – sozusagen auf einem Schlage – synthetisiert worden seien. Gamows Idee war daran gescheitert, dass es keine stabilen Atomkerne mit den Massezahlen fünf und acht gibt. Einmal gebildet, zerfielen diese sofort wieder. Und Dreier-Stöße von Heliumatomkernen, die zur Bildung von Kohlenstoff hätten führen können, fanden in der Kürze der Zeit – es ging um Minuten! – nicht mehr statt. (Im Urknall fielen Temperatur und Dichte mit der Zeit; erst lange danach, im Innern der Sterne, wird es umgekehrt sein, und die Natur kann in Riesensternen nachholen, was sie am Anfang versäumt hatte.)

Auf die Verbindung zwischen Energieerzeugung und der Elementsynthese kommen wir zu gegebener Zeit zurück. Anfang September 1920 erschien jener berühmte Aufsatz von Arthur Stanley Eddington (1882–1944), der die Frage nach der Herkunft der Sonnenenergie – und damit der Energie der Sterne – ein für alle Mal beantworteten sollte.

Im letzten Newsletter ward des Pluto gedacht. Nun mit etwas Glück hätte sein Entdecker, Clyde William Tombaugh (1906–1997) aus Illinois, noch einen weiteren „Transneptunier“ aufspüren können: (136472) Makemake ist nach Pluto der zweithellste Zwergplanet im sog. Kuiper-Gürtel, dem äußeren Asteroidengürtel unseres Sonnensystems und Vorratslager für kurzperiodi-

³Beim radioaktiven Zerfall entstehen auch Elemente, z.B. Helium. Es fällt mit dem Erdgas an und dient u. a. zum Füllen von Kinderluftballons. Angesichts des steigenden Bedarfs (z. B. in der Kernspintomografie) prophezeit man eine baldige Heliumknappheit.

sche Kometen. Wie Pluto wird auch er von einem (allerdings kleinen) Mond begleitet. Man stieß auf Makemake am 31. März 2005, also vor genau 15 Jahren. Die korrekte Aussprache des polynesischen Wortes, der Name eines Gottes der Osterinsulaner, fiel nach eigenem Bekunden selbst einem der Entdecker, Michael E. Brown (geb. 1965), nicht leicht. Im Internet findet man alle möglichen phonetischen Varianten.

Im alten Rom, vor dem Jahre 153 v. Chr., begann das Jahr mit dem März, dem Frühlingsmonat, was den Monatsnamen September (der Siebente) bis Dezember (der Zehnte) anzumerken ist. Allerdings befand sich damals die Sonne zur Tag-und-Nacht-Gleiche im Widder, weshalb der Frühlingspunkt, eine der beiden Stellen, wo die Ekliptik den Himmelsäquator schneidet, Widderpunkt heißt. Inzwischen hat sich, präzessionsbedingt, der Frühlingsanfang, salopp gesagt, vom Widder in die Fische verlagert.

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im März

In der Nacht vom 24. zum 25. März geht Venus auf maximale Distanz zur Sonne. Ihre östliche Elongation erreicht 46° . Kurz darauf ist sie im Fernrohr als Halbvenus zu erkennen. An Helligkeit nimmt sie weiterhin zu, sie nähert sich noch der Erde. Außerdem erklimmt sie immer höhere Deklinationen, was sie⁴ zu einem abendlichen Blickfang macht.

Mars, Jupiter und Saturn tummeln sich am Morgenhimmel. Allerdings ändert sich die Reihenfolge: Mars überholt erst Jupiter – am 20. März – und am Monatsende Saturn. Er zieht etwas südlich an den beiden Planetenriesen vorbei.

⁴In der griechischen Mythologie war der Abendstern männlich. Hesperos, des Atlas Schwiegervater, war ein Sternkundiger. Er soll bei der Besteigung des Atlasgebirges ums Leben gekommen sein. Nach ihm sei der hellste Stern im äußersten Westen, der Abendstern, Hesperos genannt worden. Um den Titel Hesperideninseln streiten sich an den Gestaden des Atlantischen Meeres die Kanaren und die Kapverden. Wie den Touristen erzählt wird, sollten Hesperos' Enkeltöchter, die Hesperiden, jenen Apfelbaum in ihrem Garten hegen, dessen goldene Früchte ewige Jugend verhiessen. Da sie ihrer Pflicht vergaßen und selber naschten, musste ein hundertköpfiger Drache her, der dann leider von Herakles (oder dem Atlas) erst betäubt und dann erschlagen wurde. Heute bewacht Draco als Sternbild den Nordpol der Ekliptik. Sein Haupt ruht zu Füßen des knienden Herkules.

Am 20. März, um 4 Uhr 50 in der Frühe, wechselt die Sonne von der südlichen Hemisphäre in die nördliche, was den astronomischen Frühlingsbeginn markiert. Die Umstellung auf die Sommerzeit geschieht am 29. März, dem letzten Sonntag des Monats.

Pluto war ein Anfang

Während im inneren Kuiper-Gürtel die Plutinos, von denen im Februar-Newsletter die Rede gewesen war, fest im Griff des Neptun sind – sie sind gefangen in einer 2:3-Bahn-Resonanz – zählt Makemake mit einer Umlaufzeit von gut 300 Jahren zum klassischen Inventar. Der Zwergplanet, denn vermutlich handelt es sich um einen solchen, mit der Nummer 136472 ist mit anderthalbtausend Kilometern zwar kleiner als Pluto, aber, nach Pluto, der zweithellste Transneptunier überhaupt. Zur Oppositionszeit erreicht er 17. Größe und ist für den gut ausgestatteten Amateur erreichbar! Der Plutoentdecker Clyde Tombaugh (1906–1997) hätte ihn 1930 sehen können. Dass Makemake erst relativ spät entdeckt wurde, hängt sicherlich mit der ungewöhnlich starken Neigung seiner Bahnebene von fast 30° zusammen. Der Kleinkörper entfernt sich damit weit von der Hauptebene im Sonnensystem, die in etwa mit der Ekliptik, der Bahnebene der Erde, zusammenfällt. Die meisten Suchprogramme beschränken sich nämlich auf ekliptiknahe Regionen des Himmels, weil die Wahrscheinlichkeit, etwas zu entdecken, dort am höchsten ist.

Der Zwergplanet ist wie Pluto, wie dessen Mond Charon, wie Arrokoth⁵ von auffallend rötlicher Farbe, was auf Methaneis hinweist, welches sich bei Anwesenheit von Stickstoff (N_2) unter den harschen Strahlungsverhältnissen (kosmische Strahlung und solares UV-Licht) im Laufe von Äonen chemisch verändert. Die Rede ist von sog. Tholinen, einem rotbraunen Zeug aus der Retorte des „organischen“ Chemikers. (Tholine könnten vorzeiten bei der abiogenen Entstehung von Leben auf der Erde mitgespielt haben. Inzwischen sind sie wegen des Sauerstoffs in der Erdatmosphäre längst verschwunden.) Eine Atmosphäre war bei einem Vorübergang⁶ vor einem Stern im April 2011

⁵bekannter unter der inoffiziellen Bezeichnung „Ultima Thule“

⁶Sternbedeckungen sind Sternstunden: Aus der Vermessung des Schattens, der über die Erde eilt, ergeben sich Größe und Gestalt des Himmelskörpers. Aus der Plötzlichkeit, mit der die Verdunklung einsetzt bzw. aufhört, lässt sich auf das (Nicht)Vorhandensein einer lichtbrechenden Atmosphäre schließen.

nicht nachweisbar, was damit zusammenhängen mag, dass Makemake nahe dem sonnenfernsten Punkt seiner Bahn und seine Oberfläche entsprechend kalt ist. Gase, wie Methan (CH_4), dürften bei einem Sonnenabstand von 52 AE⁷ bereits ausgefroren sein. Zum Vergleich: Pluto war 2015, als er Besuch von der NASA erhielt, nur 33 AE von der Sonne entfernt gewesen. Die vor dem Rendezvous mit *New Horizons* geäußerte Befürchtung, Plutos dünne Gashülle könnte kältebedingt kondensiert sein, trafen Gott sei Dank (noch) nicht zu. Dem Späher bot sich eine Atmosphäre in mehreren Stockwerken dar, erkenntlich an diversen Dunstschichten.

Jenseits des Neptun sind, beginnend mit Albion im Jahr 1992, nahezu zweieinhalb Tausend Himmelskörper entdeckt worden. Einer davon, die Eris, übertrifft hinsichtlich der Masse sogar den Pluto. (Eris war im Januar 2005 aufgefunden worden, kurz vor Makemake.) Die Kleinkörper in den eisigen Gefilden des Sonnensystems sind reich an gefrorenen flüchtigen Bestandteilen, also Wasser (H_2O), Methan (CH_4), Ammoniak (NH_3). Vermutlich handelt es sich um übriggebliebenes Planetenbaumaterial aus den stürmischen Kindertagen des Planetensystems, um sog. Planetesimale. Im inneren Planetensystem hat der Jupiter die Montage eines Planeten aus diesen Bausteinen verhindert, jenseits des Neptun gilt dieser als der Verhinderer. Neptuns Einfluss auf das transneptunische Geschehen ist unübersehbar. Man denke nur an die Plutinos mit ihrer an das Neptunjahr gekoppelten Umlaufzeit.

Apropos Planetenmontage: Die Nahaufnahmen von „Ultima Thule“ (bzw. 486958 Arrokoth) zeigen einen Kontakt-Doppelasteroiden. Zunächst sprach man von einem „Schneemann“, später dann von einem „Lebkuchenmann“, um die Flachheit der beiden Teile, „Ultima“ und „Thule“, herauszustellen. Offenbar sind hier zwei Körper gleicher Herkunft sanft aneinander geraten und haften geblieben. Dass die Relativgeschwindigkeiten beim Zusammenbacken von Planetesimalen moderat gewesen sein müssen, wofür auch die Existenz von Asteroidenmonden spricht, ist etwas, das der Theoretiker, der die Zusammenballung von Kleinkörpern zu Planeten(kernen) im Computer modelliert, ernst nehmen wird.

Einige dieser Transneptunier, darunter Eris, bewegen sich auf langgestreckten Ellipsenbahnen. Sie können so⁸ nicht entstanden sein; es muss sie einst dorthin verschlagen haben, und zwar durch gravitative Wechselwirkung mit

⁷Die Astronomische Einheit AE ist ziemlich genau der mittlere Abstand der Erde von der Sonne, ca. 150 Millionen Kilometer.

⁸wegen der dann zerstörerisch hohen Relativgeschwindigkeiten bei Zusammenstößen

einem Großplaneten, insbesondere mit Neptun. (So, wie die NASA ihre Pioneer und Voyager unter Mithilfe – „gravity assist“ – von Jupiter und Konsorten gezielt in den interstellaren Raum entsandt hat.) Diese Bahnen sind auf lange Sicht nicht sicher, da zukünftige Begegnungen mit dem Neptun keineswegs ausgeschlossen sind. Ob ein Kleinkörper bei der Passage eines Großkörpers nach außen oder nach innen geschleudert wird, hängt von den näheren Umständen ab, also vom Zufall. Asteroiden, die sich z. Z. zwischen Jupiter und Neptun tummeln, wie beispielsweise der 1977 von Charles T. Kowal (1940–2011) entdeckte Chiron, könnten also durchaus aus dem Kuiper-Gürtel stammen. (Dafür spricht, dass einige der sog. Zentauren wie Kometen nahe dem Perihel ausgasen und eine Koma bilden. Andere mögen ausgediente Kometenkerne sein.)

Und wo hört der Kuiper-Gürtel auf? 2003 wurde (90377) Sedna entdeckt. Vermutlich ein Zwergplanet von Ceres-Größe, entfernt sie sich bis zu 900 AE von der Sonne. Für einen Umlauf benötigt Sedna 12 000 Jahre. Der sonnennächste Punkt, das Perihel, liegt bei 76 AE, d. h. bei $2\frac{1}{2}$ Neptunentfernungen, und wird um 2075 durchlaufen. Neptun kann unmöglich der Sedna diese langgestreckte Bahn verpasst haben. Kein Wunder, dass über Sednas Herkunft spekuliert wird. Gibt es etwa da draußen, jenseits des Neptun, noch einen „richtigen“ Planeten zu entdecken? Hat die Sonne einen fernen Begleiter, oder zählt Sedna schon zur Oort'schen Wolke, jenem vermuteten Reservoir an langperiodischen Kometen? Doch auch diese Billionen von eisigen Körpern müssen einst bei der Bildung der regulären Planeten aus den Innenbezirken des Sonnensystems dorthin verfrachtet worden seien. Sie können unmöglich von dort stammen.

Die Oort-Wolke ist benannt nach dem „Vater der Niederländischen Astronomie“: Jan Hendrik Oort (1900–1992). Ein anderer gebürtiger Niederländer, Gerard Kuiper (1905–1973), wurde zum Namensgeber für den Kuiper-Gürtel. Beide Forscher interessierten sich um 1950 herum für die Herkunft der Kometen. Kometen sind vergleichsweise kurzlebig und müssen irgendwie nachgeliefert werden. Die Kometenbahnstatistik weist auf die Existenz von zwei Kometenlagerstätten hin: Kuiper-Gürtel (für kurzperiodische) und Oort-Wolke (für langperiodische Kometen). Der heutige Kuiper-Gürtel dürfte nur noch der klägliche Rest eines einst viel mächtigeren scheibenförmigen Gebildes⁹

⁹Solche Scheiben schmücken junge Sterne. Der (relativ) warme Staub strahlt im Infraroten. Bekanntestes Beispiel: β Pictoris. Am Nordhimmel leuchtet Wega (α Lyrae) verräterisch hell in diesem Wellenlängenbereich.

sein, mit einer ursprünglichen Masse von einigen Erdmassen. Die kugelförmige Oort-Wolke ist die mit Abstand größte Struktur des Sonnensystems. Ihr Außenrand markiert die gravitative Einflussosphäre der schwersten Struktur des Sonnensystems, der Sonne, den Raum, wo die Sonne das Sagen hat. Jenseits von zwei-, dreitausend Plutoentfernungen, machen sich vorbeiziehende Nachbarsterne störend bemerkbar. Nur locker gebundene Kometen werden ggf. herausgelöst. Entweder sie verlassen das Sonnensystem ganz und gar oder sie fallen nach Innen, in Richtung Sonne, was schnell an die Substanz geht.