

Man muss die Dinge so einfach wie möglich machen. Aber nicht einfacher.

Albert Einstein

Liebe Leserin, lieber Leser,

wie versprochen, geht es diesmal um Pulsarplaneten (und um menschliche Urteilskraft). Doch zuvor kommen, ohne Anspruch auf Ausgewogenheit, Februar-Ereignissen aus der Wissenschaft zu Wort.

Vor einem Jahr, am 11. Februar, erfuhren wir von der Entdeckung der Gravitationswellen. Der Kosmos-Bote muss gestehen, dass er damit nicht mehr vor seinem Ableben gerechnet hatte. Um so größer das Erstaunen.

Vor 30 Jahren herrschte auch großes Erstaunen: endlich eine „nahe“ Supernova! SN 1987 A flammte am 23. Februar 1987 in der Großen Magellanschen Wolke (LMC) auf, einem Nachbarn der Galaxis. Das Jahrhundertereignis geschah am Südhimmel (und vor 168 000 Jahren). Die davon kündenden zwei Dutzend Neutrinos wurden in Neutrino-Observatorien registriert, deren Betreiber, sofern sie die unterirdischen Labors zum oberirdischen Luftschuppen verließen, die LMC niemals zu Gesicht bekämen: Die Neutrinos mussten sich den Weg durch die Erdkugel bahnen. Binnen 13 Sekunden lösten zwei Neutrinoblitze Neutrinoalarm aus, Stunden bevor optische Astronomen davon Wind bekamen. Es braucht seine Zeit, bevor die äußeren Schichten des Unglücksternes erfahren, dass sich im Innern ein Unglück zugetragen hat. Beim Kernkollaps eines massereichen Sterns werden die Protonen der Atomkerne zu Neutronenbrei. Dabei (und bei anderen Prozessen) fallen Neutrinos an, die die Kollapsregion nahezu ungehindert verlassen, d. h. Energie hinwegtragen und dadurch den Sternenkern kühlen – was wichtig ist: denn ohne Kühlung kein Kollaps und kein Neutronenstern.

Das Neutron ist neueren Datums. Es wurde vor 85 Jahren von James Chadwick¹ (1891–1974) entdeckt. Am 17. Februar 1932 erfuhren die Fachleute vom

¹Mit Beginn des 1. Weltkrieges wurde Chadwick, der gerade bei Hans Geiger (1882–1945), dem Erfinder des Geiger-Zählers, in Berlin studierte, in Ruhleben am Stadtrand von Berlin interniert, wo es ihm gestattet war, im beschränkten Rahmen zu experimentieren.

isospinalen Partner des Protons. 1935 machte der Nobelpreis Chadwick bekannt und zehn Jahre später erfuhr's die restliche Welt: Langsame Neutronen spalten Uran und Plutonium.

Das Neutron ist – abgesehen von der elektrischen Neutralität, die in diesem Zusammenhang ohne Belang ist – auch nur ein Proton², allerdings ein „angeregtes“. Deshalb ist es auch nicht, wie dieses, von Dauer! Es kann sich wieder „abregen“, d. h. zu einem Proton zerfallen und tut dies auch in freier Wildbahn mit einer Lebenserwartung von einer Viertelstunde. 15 Minuten sind in der Mikrowelt eine Ewigkeit, der β -Zerfall mithin eine seltene Ausnahme, weshalb man von der schwachen Kraft, der schwachen Wechselwirkung spricht. Die β -Radioaktivität ist der Grund, weshalb die heiße Phase des Urknalls nur Minuten gedauert haben kann. Spätestens dann mussten nämlich die primordialen Neutronen in (Helium-)Atomkernen (α -Teilchen) verbaut gewesen sein, in denen sie, am Zerfallen³ gehindert, die Äonen überdauerten.

Und vor 40 Jahren? Da wurde bei einem Tauchgang am 17. Februar 1977 nahe den Galápagos Inseln am Boden des Pazifischen Ozeans ein neuer Lebensraum entdeckt. Die Rede ist von den „black smokers“, jenen Unterwasserschloten, die über 300° heißes Wasser, reich an Mineralien, ausspeien und an deren Ablagerungen wachsen. Und dort tummelt sich das Leben! Für die Schulbiologie waren diese Extremophile Aliens. (Wie man sieht, ist nicht jeder Alien gleich ein Extraterrestrier! Sie wohnen sogar in uns!) Was die Energieversorgung anbelangt, so zeigte sich, dass es auch ohne Sonnenlicht geht. „Man“ kann auch den Temperaturunterschied⁴ zwischen dem Erdinneren und Erdäußeren nutzen! Ging man bisher von zwei Domänen des Lebens aus, kernlosen Bakterien und Ein- bzw. Mehrzellern mit Zellkernen (Eukaryonten), gesellten sich nun die Archaeen⁵ hinzu. Darstellungen des Haeckel'schen „Lebensbaums“ zieren seit 1990 drei Wurzeln.

Vor 75 Jahren herrschte Krieg. In der „Luftschlacht um England“ 1940/41

²Beide Nukleonen, Proton wie Neutron, bestehen aus drei Quarks.

³Nur bei Neutronenüberschuss, wie beim C¹⁴, kommt's zum Zerfall eines Kernneutrons.

⁴Für die Arbeitsfähigkeit von Energieströmen ist der verursachende Temperaturgradient ausschlaggebend. Deshalb ist es von Interesse, dass die Temperatur des Erdkerns sich kaum von der an der Sonnenoberfläche unterscheidet. Der geothermische Energiestrom ist von der „Nützlichkeit“ her vergleichbar dem Strom solarer Photonen. Er macht den Erdmantel konvektiv und treibt den Geodynamo. Der Magnetschild, welcher vor der Partikelstrahlung aus dem All schützt, wäre ansonsten undenkbar.

⁵Archaeen gelten, auf die Körpergröße bezogen, als die schnellsten Lebewesen überhaupt. Sie seien 20-fach schneller als Geparden!

kam dem Küstenradar zum Aufspüren feindlicher Flugzeuge eine wichtige Rolle zu. Als dieser Ende Februar 1942 kurzzeitig „geblendet“ wurde, dachte man an eine Feindeinwirkung. Urheber der Störstrahlung im m-Band war aber, wie der Radiopionier Stanley Hey (1909–2000) herausfand, die Sonne. Nun, sie macht sich lediglich durch ihre Nähe störend bemerkbar. An eine „richtige“ Radioquelle, beispielsweise einen magnetischen Neutronenstern (Pulsar), kommt sie nicht heran. Mit umgebauten Radaranlagen begann unmittelbar nach dem Krieg die Blütezeit der Radioastronomie, auch der solaren.

Wenn der Dezember, wie sein Name verrät, der 10. Monat ist, muss der Februar der 12. sein. Tatsächlich fing im alten Rom das Jahr mit dem Frühlingsmonat März an. Erst 153 v. Chr. wurde der Jahresbeginn auf den 1. Januar vorverlegt. Kommen Sie gut ins neue altrömische Jahr!

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Februar

Mit Mariä Lichtmess ist die Weihnachtszeit endgültig vorbei. Der auch als „Murmeltiertag“ bekannte 2. Februar halbiert die Zeitspanne zwischen Wintersonnenwende und Frühlingsbeginn. Für die Kelten und Leute mit Sinn für Symmetrie, d. h., nach Helligkeit sortierte Jahreszeiten, markiert dieser Tag „dazwischen“ das Ende der dunklen Jahreszeit. Tatsächlich bleibt es vor allem abends jetzt merklich länger hell.

Dem Abendstern kann dies nichts anhaben. Venus erstrahlt am 17. des Monats im hellsten Glanze (-4,9 Größenklassen). Zwar kommt sie der Erde weiterhin näher, doch verkleinert sich ihr beleuchteter Teil, jedenfalls derjenige, den wir von ihr zu sehen bekommen.

Mars tut sich schwer, sich vom Abendhimmel zu verabschieden. Er geht nach wie vor gegen 22 Uhr unter. In den Morgenstunden des 27. Februar zieht der rote Planet in 0,6 Grad Abstand nördlich am blau-grünen Uranus vorbei. Es empfiehlt sich, am Abend zuvor mit einem Feldstecher nach den beiden Ausschau zu halten.

Jupiter steht am 6. Februar $3\frac{1}{2}$ Grad nördlich der Spica und für einen Moment still am Himmel. Er mimt einen Fixstern, bevor er sich rückläufig auf den Ort seiner Opposition zubewegt. Am Monatsende geht er bereits auf, bevor Mars untergeht.

Auch Saturn arbeitet an der Verbesserung seiner Sichtbarkeit. Am Monatsende taucht er bereits vor vier Uhr in der Frühe am OSO-Horizont auf.

Kommen wir zum Mond. Am Abend des 5. Februar wandert er durch die Hyaden und „streift“ dabei fast den Aldebaran. Sechs Tage darauf ist Vollmond und fast eine Mondfinsternis. Der Kernschatten der Erde berührt den Nordrand des Mondes. Es bleibt bei einer unspektakulären Halbschattenfinsternis. Genau einen halben Monat später, diesmal am absteigenden Knoten seiner Bahn, stellt sich nicht die Erde (vom Monde aus gesehen) vor die Sonne, sondern der Mond – und zwar von uns aus gesehen. Die Sonnenfinsternis, eine ringförmige, dauert am längsten irgendwo zwischen Südamerika und Südafrika.

Pulsarplaneten

Gesehen hat sie noch niemand. Aber alle Indizien sprechen dafür. Vor 25 Jahren machte der Pulsar⁶ PSR B1257+12 von sich reden, ein ms-Pulsar, dessen Radiopulse aller sechs Millisekunden (ms) eintreffen – im zeitlichen Mittel. Schaut man genauer hin, fällt ein Muster an Verspätungen bzw. Verfrühungen in den Ankunftszeiten der Radiopulse auf, ein Muster, das sich etwa aller 6 1/2 Monate wiederholt. Es ist, als ob der Neutronenstern, denn um einen solchen handelt es sich, hin und her schlingerte, wodurch sich die Signallaufzeiten ändern. Kommt er uns näher, verkürzt dies die scheinbare Pulsperiode, entfernt er sich, verlängert sie sich. Man kennt das vom Doppellereffekt. Die Periodenschwankung ist zwar äußerst klein – sie beläuft sich auf ± 15 Pikosekunden⁷ –, aber messbar, da sich die systematischen Verspätungen und Verfrühungen schnell zu ansehnlichen Beträgen aufsummieren. Der Neutronenstern selbst, ein Gebilde von 1,4 Sonnenmassen, bewegt sich im Fußgängertempo hin und her! Für den Radioastronomen ist der Pulsar eine genau gehende Uhr in Bewegung. Die Radiopulse dienen als Zeitzeichen. PSR B1257+12 dreht sich aller 0,00621853193177 s einmal um seine Achse. Die Länge der Ziffernfolge vermittelt einen Eindruck von der Ganggenauigkeit dieses Zeitmessers. Lediglich die allerletzte Stelle ist unsicher! Millisekunden-Pulsare sind die präzisesten “Uhren“ überhaupt!

In der Makrowelt geschieht nichts ohne Grund, wie schon Gottfried Wil-

⁶neuere Katalogbezeichnung: PSR J1300+1240

⁷Licht legt in 15 ps eine Strecke von 4,5 mm zurück.

helm Leibniz (1646–1716) konstatierte. Im Fall von PSR B1257+12 ist es naheliegend⁸, die systematischen Unregelmäßigkeiten Begleitern anzulasten, Planeten, die an ihrem Muttergestirn zerrern und es periodisch schwanken machen. Im Schlingern des Pulsars spiegelt sich die Bewegung der Planeten, so der Verdacht! Der Schwerpunkt des Gesamtsystems darf bekanntlich nicht wackeln. Da unschwer zwei Perioden auszumachen sind – 66,5 bzw. 98,2 Tage –, handelt es sich um mindestens zwei Planeten. Geht man davon aus, dass sich die beiden kaum gegenseitig beeinflussen, müssen diese auf Kepler-Ellipsen den Neutronenstern umrunden.

Die Planetenhypothese entspringt der Intuition. Es mag andere Erklärungen für das merkwürdige Verhalten des Pulsars geben, aber man muss schon sagen, die Vorstellung von Pulsarplaneten beflügelt wie keine andere die Phantasie.

Vor dem eigentlichen ist ein nebensächliches Problem zu lösen: Die 305-m-Parabolantenne des Arecibo Radioteleskops auf Puerto Rico, mit der der Pulsar jahrelang observiert wurde, befindet sich auf einem rotierenden Planeten. Die tägliche wie die jährliche Bewegung des Radioteleskops spiegelt sich ebenfalls in den Messdaten wider, den Ankunftszeiten der Radiopulse! Die jährliche Bewegung der Erde führt, da sich der Pulsar nahe der Ekliptik befindet, zu Laufzeitunterschieden von 16 Minuten, das entspricht 160 000 Pulsarperioden! (16,6 Minuten benötigte ein Lichtsignal, um die Erdbahn zu durchmessen.) Tatsächlich stießen Aleksander Wolszczan (geb. 1946) und Dale Andrew Frail (geb. 1961) bei ihrer Datenanalyse auf eine Periode von einem Erdenjahr, die erst verschwand, nachdem man die Position von PSR B1257+12 am Himmel durch Radiointerferometrie bogensekundengenau eingegrenzt hatte. Akribie ist angesagt, will man nicht einem nicht-vorhandenen Planeten auf den Leim gehen. Man war vorgewarnt: Bereits ein Jahr zuvor war ein Pulsarplanet im Visier der Forscher. Der Planet von PSR 1829-10 sollte demnach aller sechs Monate seinen Neutronenstern umkreisen. Er überlebte nur wenige Wochen. Bei der Berechnung der Erdbewegung (!) um die Sonne hatte sich eine Ungenauigkeit eingeschlichen gehabt. Die Todesanzeige erschien in Nature – ein Dementi.

Was eine Kepler-Analyse erbringt? Neben zwei Planeten von $4,3 \pm 0,2$ bzw. $3,9 \pm 0,2$ Erdmassen gibt es Hinweise auf die Existenz eines dritten⁹ Körpers

⁸„Naheliegend“ ist die Hypothese nur, fragt man nicht nach der Planeten Herkunft. Sie können unmöglich einen Supernovaausbruch überstanden haben!

⁹Sogar von einem vierten Planeten war zu hören, einem mit langer Umlaufzeit.

von lediglich 1,6 Mondmassen. Dessen Umlaufzeit von 25,262 Tagen gab Sonnenphysikern zu denken. Sie entsannen sich einer Periodizität von 25,3 Tagen in Pioneer-10-Radiodaten, die mit der Sonnenrotation in Verbindung gebracht wird. Die Radiowellen vom Pulsar erreichen uns nicht nur durch leeren Raum, sie müssen auf dem Weg zu uns den Sonnenwind durchqueren, mit Folgen: In einem Medium hängt die Lichtgeschwindigkeit und damit die Ankunftszeit eines Radiopulses von der Frequenz ab. Der Sonnenwind wiederum dreht sich mit seiner Quelle, koronalen Löchern über der Sonne. Unregelmäßigkeiten im Sonnenwind, wie eine vermutete Sektorstruktur, führen dann zu minimalen periodischen Laufzeitunterschieden, die durchaus einen Exoplaneten vorgaukeln könnten. Wolszczan und Kollegen konterten damit, dass ja dann die Stärke des fraglichen 25,3-Tage-Signals von der Beobachtungsfrequenz abhängig sein müsse, was nicht der Fall sei . . .

Unser Thema ist geeignet, die Rolle von Fakten in der Naturwissenschaft zu beleuchten. Fakten, wie die Ankunftszeiten von Radiopulsen, haben an sich keinerlei Bedeutung. Sie bedürfen immer eines gedanklichen Rahmens, um sie einordnen zu können! Schon die Auswahl (wichtig/unwichtig?) unterliegt einem Vor-Urteil. Albert Einstein meinte sogar, erst die Theorie entschiede, was man überhaupt beobachten könne. Ein solcher Rahmen ist ein (testbares) idealisiertes Model der Wirklichkeit, niemals die Wirklichkeit. Beim Betreten von Neuland gibt es oft mehrere konkurrierende Wirklichkeitsmodelle. (Es gibt keine alternativen Fakten, nur alternative Hypothesen über die Wirklichkeit.) Im Idealfall gewinnt das Model die Zustimmung der Community, welches der Wahrheit am nächsten kommt.

Im Falle von PSR B1257+12 herrscht Konsens: An den beiden erstentdeckten Planeten gibt's in Ermangelung einer Alternativhypothese nichts zu rütteln. Man hat zudem sogar Effekte nachgewiesen, die aufgrund der gegenseitigen gravitativen Störung¹⁰ unvermeidlich sind! Gibt man das Kepler-Modell auf, das die gegenseitige gravitative Anziehung der beiden Planeten unterschlägt, und rechnet à la Newton kann man sogar Planetenmassen und Bahnneigungen aus den Daten ermitteln. So etwas überzeugt selbst einen Skeptiker.

A propo Skepsis: ohne kritischen Zweifel keine Naturwissenschaft! Ein Planetenjäger, der mit gar zu vielen Trophäen aufwartete, handelte sich leicht ein Glaubwürdigkeitsproblem ein. Man vergegenwärtige sich bitte, dass niemand diese Planeten bisher zu Gesicht bekommen hat! Es gibt Indizien, mehr nicht! Einem Mann wie Goethe, der nur dem Augenschein traute, hätte man damit nicht kommen dürfen. Seine Exzellenz wären entsetzt gewesen.

¹⁰Beide Planeten befinden sich, schaut man auf die Umlaufzeiten, in einer 3 : 2-Resonanz.

Überinterpretation, der Versuch, mehr aus den Daten herauszuholen als darin steckt, ist eine grassierende Unsitte. Die Verführung besteht im perfekten Fit, sprich der Güte der Übereinstimmung der Messungen mit der Erwartung anhand des theoretischen Modells, welches nach Maßgabe der Messfehler eine komprimierte Darstellung der Daten erlaubt. Leider verbessert sich der Fit mit jeder zusätzlichen Freiheit, die man dem Modell gewährt, in unserem Falle mit jedem weiteren Planeten. (Durch Erhöhung der Anzahl der Epizykel hätten vorkopernikanische Astronomen die Genauigkeit der Vorhersage von Planetenpositionen beliebig verbessern können – und dies trotz eines falschen Weltmodells!) Ein exzellenter Fit ist nur die Schauseite der Medaille, ihre Kehrseite heißt Verlust an Glaubwürdigkeit. Letztere, die Evidenz (Augenscheinlichkeit), ist schwer zu beziffern, weil entsprechende Bayes'sche Verfahren, die so etwas im Prinzip leisten, rechentechnisch aufwendig sind. (Außerdem verhinderten sie „Entdeckungen“, und daran ist den unmittelbar Beteiligten selten gelegen.)

Am überzeugendsten sind stets diejenigen Entdeckungen, die dem Forscher gegen seinen Willen von der Natur aufgezwungen wurden! Ein berühmtes Beispiel ist die Entdeckung des Wirkungsquantums durch Max Planck (1858–1947) im Jahre 1900. Nach eigener Aussage geschah dies in einem „Akt der Verzweiflung“.

Wie ernst das Problem ist, offenbart die Anzahl freier Parameter des mathematischen Modells. Die Parameterwerte sind alle aus den Messungen erst zu bestimmen! Allein die Beschreibung der Bewegung *e i n e s* Planeten auf einer Keplerellipse erfordert die Angabe von fünf¹¹ Zahlenwerten, den Bahnelementen. Hinzu kommt die Planetenmasse (in Einheiten der Pulsarmasse). Bei mehreren Planeten erhöht sich die Anzahl der Bestimmungsstücke entsprechend. Die Suche nach einer Lösung vollzieht sich, mathematisch gesprochen, in einem hoch-dimensionalen abstrakten Lösungsraum (in welchem selbst Tausende von Messungen wegen der vielen Dimensionen nur dünn gesät sind)!

Der mittelalterliche Scholastiker Wilhelm von Ockham (geb. um 1288, gest. 1347 in München) empfahl ein probates Mittel gegen wissenschaftliche Vermessenheit: Die einfachere Erklärung sei der komplizierteren vorzuziehen. Dieses Sparsamkeitsprinzip schützt vor unnötigen „Entdeckungen“ und ver-

¹¹Das 6. Bahnelement, die Bahnneigung, bleibt im Falle des Kepler-Problems unbestimmt.

hinderte bisher¹² ein Ausufernd der Wissenschaft. Eine prägnante Formulierung von „Ockhams Rasiermesser“ ist die Einstein'sche. Sie ziert den Kopf dieser Februarausgabe.

¹²Man kann nur hoffen, dass die Wissenschaft nicht in der „Big-Data“-Flut baden geht: Evidenzen von Hypothesen zu schätzen dürfte nahezu unmöglich werden (es sei denn, der Quantencomputer kommt)!