

Liebe Leserin, lieber Leser,

stimmt es, dass alles immer komplizierter wird? Zumindest für die Branche, die hier vertreten wird, trifft dies nicht zu. (Der Hang, Faktenwissen, sofern von Wichtigkeit, zu generalisieren, das Akzidens von der Essenz zu scheiden und für Letzteres die womöglich kürzeste Formulierung zu erraten, die Sinn macht, eignet allen „harten“ Wissenschaften.) Große Geister haben immer wieder für Vereinfachung durch Vereinigung gesorgt: Kepler, Newton, Maxwell, Einstein, Glashow, Salam, Weinberg . . . Sie machten mit einem Schlag ganze Bibliotheken überflüssig und überwandern willkürliche Spaltungen¹. Kepler (1571–1630) ersetzte den „göttlichen“ Kreis durch die profane Ellipse – womit die „Degradierung“ des Himmels begann. Die Bahnellipse eines Planeten hat zwar zwei zusätzliche Bestimmungsstücke, Exzentrizität und Richtung der großen Achse, sie spart aber jede Menge zusätzlicher Kreise (Epizykel) ein. Oder denken Sie an James Clerk Maxwell² (1831–1879)! Vielleicht war es schottische Sparsamkeit, jedenfalls führte der Mann aus Edinburgh 1864 Magnetismus und Elektrizität zusammen. Was jahrtausendlang nichts miteinander zu tun hatten, verschmolz zum Elektromagnetismus. Als Maxwell sich seine vier Grundgleichungen ansah, legten „ästhetische Überlegungen“ (sprich Symmetriegründe) die Einführung eines belanglosen Zusatzterms nahe. Das Ergebnis, die *e l e k t r o m a g n e t i s c h e W e l l e*, rechtfertigte die „unnötige“ Bereicherung durch den Verschiebungsstrom: Maxwell erklärte das Licht! Die neue Naturkonstante, die Lichtgeschwindigkeit, fehlt in der Newtonschen Mechanik, was Einstein 1905 korrigierte. Dem Ergebnis, der Relativitätstheorie, fehlt bislang das Planck’sche Wirkungsquantum . . .

Am 8. Januar wird der populärste Physiker der Welt 75. Stephen Hawking gehört ohne Zweifel der Riege der Vereiner an. Ihm schwebt die Verschmelzung dreier „Physiken“ vor: klassische Physik³, Quantenphysik und *last not*

¹Zwischen anorganischer und organischer Chemie besteht nicht wirklich ein Unterschied, wie man seit Friedrich Wöhler (1800–1882) weiß, und der Vitalismus mit seiner „Lebenskraft“ (*Élan vital*) hat nur in der Werbung überlebt.

²Vom „Astronomen“ Maxwell, der 1856 eine zutreffende Theorie der Saturnringe aufstellte, war bereits im Juli 2010 die Rede gewesen.

³Klassischen Physik ist Physik, wo die Planck’sche Konstante nicht vorkommt, in der Gravitationstheorie beispielsweise.

least Thermodynamik. (Letztere beschreibt Viel-Teilchen-Systeme statistisch, beruht auf Mittelung, was Informationsverlust nach sich zieht, und ist bloß 99,999...-prozentig exakt. Dafür gibt sie dem Zeitpfeil eine Richtung⁴!) Das einzige Ding, dessen Verständnis dieser Vereinigung bedarf, ist ein Unding: das schwarze Loch. Dass man dazu die Theorie schwarzer Löcher anreichern muss, überrascht kaum. Wie 1975 Hawking⁵ einer verblüfften Physikergemeinde zeigte, sind schwarze Löcher so schwarz nicht. Sie „verdampfen“ sogar. (Vermutet wurde dies, allerdings für rotierende Löcher, bereits zuvor.) Ein ernstzunehmender Kreationisten-Einwand gegen die spontane abiogene Entstehung des Lebens, wie sie sich 1868 der Jenaer Ernst Haeckel vorgestellt hatte, ist die Unwahrscheinlichkeit des plötzlichen Auftauchens von z w e i kooperierenden Chemikalien: DNA als Gigabyte-Massespeicher für die genetische Information und Protein, wobei jenes Funktionseweiß (Ribosom) im Fokus der Aufmerksamkeit steht, das in der Lage ist, genetischen Code zu „verstehen“ und u. a. s i c h s e l b s t entsprechend der Blaupause zusammenzubauen. Der Ausweg: Die heutige Perfektion der Umsetzung von Information in maßgeschneidertes Protein, sie täuscht, sie entwickelte sich im Laufe der Zeit. Auch ein holpriger Start kann chemische Zyklen zum Laufen bringen! Im Januar 1967, vor einem halben Jahrhundert, wurde der Verdacht des US-amerikanischen Evolutionsforschers, Mikrobiologen und Biophysikers Carl Richard Woese (1928–2012) publik: kurze einsträngige Ribonukleinsäure (RNA) könne anfänglich beides in sich vereint haben, Träger der Erbinformation u n d Katalysator seiner selbst. Damit war die Idee⁶ einer vorge-schalteten RNA-Welt⁷ geboren.

Carl Woese hat u. a. den horizontalen (lateralen) Gentransfer (HGT) ins Gespräch gebracht. Vor der Darwin'schen Evolution, die nur den vertikalen Genfluss (von einer Generation auf die folgende) kennt, was die heutige Artenvielfalt hervorbrachte, gab's demnach eine quasi artenlose HGT-Ära⁸: Der

⁴Die Gesetze der Physik sind, von der Radioaktivität abgesehen, zeitsymmetrisch.

⁵Man lese Stephen Hawking's „Eine kurze Geschichte der Zeit“ (1988)!

⁶Im Jahre 2000 bekam die Idee Aufschwung: Das wohl wichtigste Enzym, jenes Ribosom, welches nach Maßgabe der genetischen Information Protein produziert, beruht auf RNA! Der Beweis für die RNA-Welt-Hypothese blieb indes aus: Bislang wurde keine RNA gefunden oder synthetisiert, die sich selbst vervielfältigt. Außerdem: Kopieren allein reicht nicht, Stoffwechsel ist genauso wichtig.

⁷Der Terminus „RNA-Welt“ wurde 1986 von dem Physiker, Biochemiker, Molekularbiologen, Chemie-Nobelpreisträger, Unternehmer und Hobbyastronomen Walter Gilbert (geb. 1932) geprägt.

⁸Als Metapher für den horizontalen Gentransfer zwischen den Ur-Lebewesen kann eine

Stamm,„baum“ begann als Netz! Heutzutage spielt HGT in der Lebewelt nur eine untergeordnete Rolle⁹.

Zum Schluss eine Fangfrage: Wann wurde der erste Exoplanet entdeckt? Gewöhnlich wird 51 Pegasi B genannt, der im Herbst 1995 für Furore sorgte. Ein „heißer Jupiter“ von halber Jupitermasse umkreist aller 4 1/4 Tage einen gewöhnlichen Stern. Die beiden Exoplaneten, von denen in der Februar-Ausgabe die Rede sein wird, bringen es lediglich auf jeweils vier Erdmassen und umkreisen einen ungewöhnlichen Stern. Sie wurden von Aleksander Wolszczan (geb. 1946) und Dale Andrew Frail (geb. 1961) am 305-m-Arecibo-Radio-Observatorium (Puerto Rico) aufgespürt. Die beiden Super-Erden benötigen für einen Umlauf 66,5 bzw. 98,2 Tage. Eine interessierte Öffentlichkeit nahm Notiz davon im Januar 1992 – vor einem Vierteljahrhundert. Es handelt sich um Pulsar-Planeten. Der 2300 Lichtjahre entfernte Mutterstern in der Jungfrau misst lediglich ein Dutzend Kilometer. Er ist ein Millisekundenpulsar.

Eine erbauliche Lektüre wünscht
Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Januar

Merkur ist Mitte des Monats vor Sonnenaufgang im Südosten zu sehen.

Als Abendstern nimmt Venus am 12. Januar mit 47° ihren größten östlichen Winkelabstand zur Sonne ein. Kurz darauf erscheint sie im Feldstecher als Halbvenus.

Der Venus Bruder, der kriegerische Mars, hält noch seine Stellung am Abendhimmel. Am letzten Tag des Januar posieren die Geschwister mit dem jungen Mond. Am ersten Tag des Januar zieht Mars kurz vor 8 Uhr in der Früh' am Neptun vorbei. Auf eine gute Bogenminute kommen die beiden im Wassermann einander nahe. Da wir nicht durch die Erde hindurchschauen können, bleibt uns nur, bereits am Silvester- bzw. am Neujahrsabend nach den beiden Ausschau zu halten. Neptun ist 7 Größenklassen lichtschwächer als Mars!

Jupiter steht gegen Monatsende bereits vor Mitternacht auf der Matte. Noch bewegt er sich rechtläufig durch die Jungfrau und auf Spica zu, verliert aber

multi-kulturelle Gesellschaft dienen, wo die Überlieferung zwischen Generationen innerhalb einer Kultur dem sofortigen inter-kulturellen Austausch von M e m e n weicht.

⁹Es heißt, HGT erkläre die Schnelligkeit, mit der es zu Antibiotikaresistenzen kommt.

an Tempo. Das muss er auch: Am 6. Februar herrscht Stillstand.

Saturn ist rechts der Sonne und taucht am Monatsende im Osten in der Morgendämmerung auf.

Vestas Opposition ereignet sich am 18. Januar im Krebs. Sie bewegt sich auf die Zwillinge zu. Mit 6. Größe ist sie ein ideales Feldstecherobjekt, zumal sie hoch am Himmel steht.

Laut Kepler ist die Umlaufbahn der Erde um die Sonne eine Ellipse mit der Sonne in einem der beiden Brennpunkte. Das Perihel der Bahn, die Sonnennähe, wird am 4. Januar gegen 15 Uhr durchlaufen. Eine größere Sonne am Firmament hat 2017 nicht zu bieten.

Informationsparadoxon

Lange bevor man von „IT“ und „digitaler Revolution“ sprach, avancierten Entropie und (ihr Inverses, die) Information neben Materie und Energie zu konstituierenden Begriffen der physikalischen Welt. Der Physikerphilosoph Carl Friedrich von Weizsäcker (1912–2007) hielt die Information sogar für ursprünglich. John Archibald Wheeler (1911–2008) sprach von „It from bit“. (Es gibt Leute, die glauben, alles sei eine Computersimulation.)

Bei Einstein¹⁰, dem klassischen Mechaniker, wird ein schwarzes Loch zur strikten Einbahnstraße. Hat man den *point of no return* hinter sich gelassen, ist der freie Fall ins Bodenlose genausowenig umkehrbar wie die Zeit. Dem Quantenmechaniker, der in Wahrscheinlichkeiten denkt, ist dies zu rigide. Er gibt zu bedenken, dass, ginge es nach der klassischen Physik, in der Sonne auch keine thermonuklearen Reaktionen stattfinden dürften. Der „Tunneleffekt“ macht’s dennoch möglich – in Maßen. Kein Bewohner der Quantenwelt „mag“ es, 100-prozentig auf das Innere eines schwarzen Lochs festgelegt zu werden. Lässt man Durchtunnelung (des Ereignishorizonts) bei einem schwarzen Loch zu, kann es nicht völlig schwarz sein: Es strahlt! Hawking-Strahlung sei uninformativ, heißt es – Wärmestrahlung. Diese wird durch eine einzige Zahlenangabe erschöpft beschrieben, die Temperatur. Es geht ja um das Einbeziehen der Thermodynamik¹¹, wodurch die Zeit Einzug hält in

¹⁰Albert Einstein kannte den Begriff „schwarzes Loch“ nicht. Zu seiner Zeit sprach man vom „Dunkelstern“. Dass seine Theorie so etwas *in petto* hat, hätte ihm nicht behagt.

¹¹Ausgangspunkt ist der von Hawking entdeckte Umstand, wonach die „Oberfläche“ eines klassischen schwarzen Loches niemals abnehmen kann. Diese Eigenschaft hat

die Makrowelt. In den Formeln taucht folgerichtig die Boltzmannsche Konstante auf – zusätzlich zu Lichtgeschwindigkeit, Gravitations- und Planck-Konstante. Für ein typisches Black Hole von Sternenmasse liegt die Temperatur bei 10^{-7} K. Das ist millionenfach kälter als die 3-K-Strahlung, aber nicht Null! Die Wellenlänge maximaler Strahlungsintensität entspricht in etwa dem Schwarzschildradius eines schwarzen Lochs. Das ist thermische Radiostrahlung im Längstwellenbereich¹²! Nach dem Wienschen Verschiebungsgesetz variiert die Temperatur mithin umgekehrt proportional zur Größe (Schwarzschildradius) des Lochs und damit zur Masse. Durch Abstrahlung¹³ verliert ein Loch an Masse. Es schrumpft, wodurch die „Oberflächentemperatur“ ansteigt: Das Loch wird, wie ein Protostern, durch Abstrahlen von Energie heißer! Man spricht von gravo-thermischer Katastrophe¹⁴. Trotz kleiner werdender Oberfläche wächst die Strahlungsleistung und der damit einhergehende Masseverlust. Das „Verdampfen“ vollzieht sich zunächst unmerklich – und endet erst nach Myriaden Weltaltern in einem finalen Feuerwerk. Da die Lebensdauer eines Loches von, sagen wir, einer Sonnenmasse bei 10^{53} Weltaltern (!) liegt, dürfen stellare schwarze Löcher trotz allem als recht beständig gelten, was man von Protonen¹⁵ dem Vorbild an Dauerhaftigkeit, nicht unbedingt behaupten kann.

Einen Haken hat das Hawking'sche Verdampfen. Information kann, wie der pedantische Physiker weiß, nicht spurlos verschwinden! Goethes Gelehrter, Faust, hat t h e o r e t i s c h (nicht praktisch!) recht mit seinem „Es kann die Spur von meinen Erdetagen nicht in Äonen untergehn.“! Es m u s s einen Unterschied machen, ob, gleiche Masse (und Drehimpuls) vorausgesetzt, ein Herr oder eine Dame in ein schwarzes Loch fallen. Strahlung, wie ursprünglich von Hawking postuliert, aber verrät nichts, sie ist nichtssagend. Da es bislang keine Theorie der Quantengravitation gibt, kennt niemand

in der Thermodynamik die E n t r o p i e! Die Fläche des Ereignishorizonts misst in der Tat die Entropie, d. h. unser Unwissen bezüglich dessen, was hinter dem Horizont geschieht. Man beachte den Unterschied: Auf Erden geht die Entropie mit dem Volumen, nicht mit der Oberfläche des betrachteten Systems! Hat ein schwarzes Loch Entropie, hat es auch Temperatur! Die Lochmasse steht für die Energie.

¹²Der wird technisch zur Radiokommunikation mit getauchten U-Booten genutzt.

¹³Zum Schrumpfen eines Lochs kommt es, unterschreitet die Temperatur der kosmischen Hintergrundstrahlung die Schwarze-Loch-Temperatur. Energie stömt definitionsgemäß vom Warmen zum Kalten!

¹⁴Deshalb „verdampfen“ Kugelsternhaufen.

¹⁵Ein Proton befindet sich im tiefsten Energiezustand und sollte deswegen unsterblich sein. Seine Lebenserwartung beträgt mindestens 10^{21} Weltalter.

die Auflösung dieses Informationsparadoxons. Vielleicht ist die Hawking-Strahlung gehaltvoller als gedacht, vielleicht ist sie dies erst im allerletztesten Moment des Verdampfens, wenn die halb-klassische Näherung versagt, vielleicht bleibt ja etwas (eine Planck-Masse?) übrig oder entschwindet in ein neues Universum, in welchem die Frage – Dame oder Herr? – eine Antwort findet. Wir wissen es nicht. Einen Hoffnungsschimmer gibt es: Eventuell lässt sich da experimentell etwas machen: Kurzlebige Mikro-Löcher könnten in einem Teilchenbeschleuniger zuhauf erzeugt und deren Zerplatzen in Teilchenschauer statistisch analysiert werden.